

42-3

КА ЮНОГО КОНСТРУКТОРА

0-866

ог.

Экземпляр
чит. зала



**РАДИОУПРАВЛЕНИЕ
МОДЕЛЯМИ
САМОЛЕТОВ, КОРАБЛЕЙ
И АВТОМОБИЛЕЙ**

Ю. М. ОТРЯШЕНКОВ

Экземпляр
чит. зала

РАДИОУПРАВЛЕНИЕ
МОДЕЛЯМИ САМОЛЕТОВ,
КОРАБЛЕЙ И АВТОМОБИЛЕЙ

ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ

Москва — 1959

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Глава I. Основы радиуправления моделями	5
Глава II. Передающие устройства	13
Глава III. Радиоприемные устройства	34
Глава IV. Реле	60
Глава V. Декодирующие устройства	76
Глава VI. Исполнительные механизмы	96
Глава VII. Измерительная аппаратура	103
Глава VIII. Законченные системы радиуправления моделями	109
Глава IX. Использование полупроводниковых триодов в приемной аппаратуре радиуправляемых моделей	130
Литература	144

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
 НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
 ЦЕНТР РАДИОТЕХНИКИ СССР

1290/11

59

23

09-14

266



Юрий Михайлович Отряшенков

5838

РАДИОУПРАВЛЕНИЕ МОДЕЛЯМИ САМОЛЕТОВ, КОРАБЛЕЙ И АВТОМОБИЛЕЙ

Редактор Е. В. Ефремова
 Худ. ред. Б. А. Васильев

Техн. редактор Б. И. Андрианов
 Корректор М. М. Островская

Сдано в набор 2/VI—1958 г. Подписано к печати 11/II—1959 г.
 Формат 84×108¹/₃₂ 4,5 физ. п. л.=7,38 усл. п. л. Уч.-изд. л.=7,704
 Г-51152 Тираж 30 000 экз. Изд. № 2/1316

Цена 2 р. 30 к.

Издательство ДОСААФ, Москва, Б-66, Ново-Рязанская ул., 26

Тип. Изд-ва ДОСААФ, г. Тушино. Зак. 96

ВВЕДЕНИЕ

Перспективы развития автоматики и телемеханики неограниченно широки. Телемеханика становится основой управления почти каждого крупного предприятия, каждого нового технического сооружения. Еще раз можно убедиться в этом на примере запуска нашей страной искусственных спутников Земли, что стало возможным в результате решения сложных проблем телеуправления.

2 января 1959 года в Советском Союзе была запущена космическая ракета в сторону Луны. Это является новой выдающейся победой советской науки и техники. Управление полетом космической ракеты при выведении ее на заданную траекторию с высокой точностью осуществлялось специальной телеавтоматической аппаратурой.

Отсюда понятен большой интерес людей самых различных возрастов и профессий к вопросам телеуправления.

Одним из способов овладения техникой телеуправления для молодежи является постройка радиоуправляемых моделей самолетов, кораблей и автомобилей. Занимаясь моделизмом, юноши и девушки приобретают разносторонние знания и трудовые навыки. Проектирование и постройка аппаратуры радиоуправления моделями знакомит их с основами радиотехники и автоматики, развивает практические навыки, воспитывает стремление творчески решать встречающиеся технические проблемы. В целеустремленном творческом труде, в настойчивом стремлении преодолевать трудности вырабатывается воля и характер будущего изобретателя.

Моделисты, которые в школе и дома, на технической

станции и в клубе ДОСААФ конструируют и строят модели, создают для них новые системы радиоуправления, окончив учебные заведения, станут специалистами заводов и научно-исследовательских институтов, создателями новейшей техники.

В настоящей книге описывается техника радиоуправления моделями самолетов, кораблей и автомобилей, а также принцип действия отдельных устройств радиоуправления, их изготовление и налаживание. Чтобы содержание книги не носило рецептурного характера, развивало инициативу моделлистов, в книге представлены различные варианты схем, которые дают возможность выбрать нужную телемеханическую аппаратуру и новые конструктивные решения. Кроме того, в книге описаны три законченные системы радиоуправления.

В конце книги приведены схемы и варианты конструкций аппаратуры радиоуправления моделями с использованием полупроводниковых триодов.

При написании книги автор использовал материал, накопленный при изготовлении аппаратуры радиоуправляемых моделей им и другими советскими, а также зарубежными моделлистами.

Книга рассчитана на инструкторов моделизма ДОСААФ, на руководителей технических кружков в школе, на станциях юных техников и в домах пионеров, а также на моделлистов, уже знакомых с основами моделирования, радиотехники и желающих самостоятельно строить радиоуправляемые модели.

Глава I

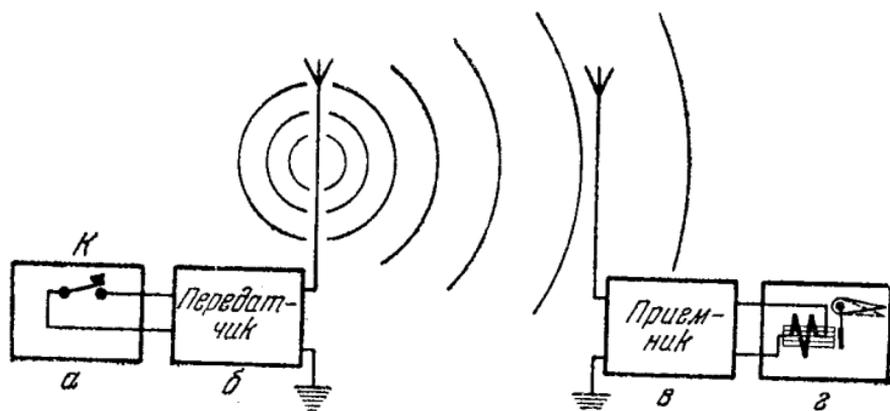
ОСНОВЫ РАДИОУПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛЯМИ

Перед любой системой радиоуправления моделями самолетов, кораблей и автомобилей ставится задача управления этими моделями без проводов на расстоянии. Для этого необходима специальная аппаратура, с помощью которой моделист может изменять направление движения модели или подавать ей другие команды, например включение или выключение двигателя, полный и малый газ, уборка и выпуск шасси и т. д.

Простейшая аппаратура радиоуправления (рис. 1) состоит из пульта управления *а*, передатчика *б*, приемника *в* и исполнительного механизма *г*. Пульт управления позволяет моделисту (оператору), производящему управление моделью на расстоянии, подавать на передатчик ту или иную команду. В качестве пульта управления может быть использован телефонный диск, телеграфный ключ или звонковая кнопка.

Для беспроводной передачи команды с пульта управления на исполнительный механизм, расположенный на модели, необходима линия радиосвязи (радиолиния). Слово «радиосвязь» означает связь при помощи излучения и приема радиоволн. Электрическая энергия в виде так называемых электромагнитных волн излучается передатчиком в пространство и, распространяясь, воздействует на приемник, находящийся на модели. Следовательно, радиолиния состоит из передатчика, излучающего в виде электромагнитной энергии командный сигнал, и приемника этой энергии.

Первой и основной задачей передатчика является генерация (создание) токов высокой частоты. Частотой называется число колебаний тока или напря-



Р и с. 1. Блок-схема простейшей аппаратуры радиоуправления

жения в 1 секунду. Только токи высокой частоты могут успешно излучать электромагнитную энергию в пространство, только высокочастотные электромагнитные колебания способны хорошо распространяться на большие расстояния. Для преобразования энергии высокочастотных колебаний, генерируемых передатчиком, в энергию электромагнитных волн служит передающая антенна. Такая антенна представляет собой кусок провода (или несколько проводов), присоединенных к передатчику.

Вторая задача передатчика состоит в том, чтобы обеспечить такое управление высокочастотными колебаниями, которое позволит оператору передавать на управляемую модель ту или иную команду. В рассматриваемой блок-схеме (см. рис. 1) для управления высокочастотными колебаниями служит телеграфный ключ *К*, при нажатии которого передающая антенна излучает в пространство электромагнитные волны, а при отпускании ключа — не излучает. Управление колебаниями с помощью ключа называется манипуляцией. Может быть использован и другой вид управления колебаниями, называемый модуляцией. При модуляции высокочастотных колебаний их амплитуда изменяется по закону изменения напряжения звуковой частоты, соответствующей той или другой команде.

Передатчик может генерировать токи высокой частоты только при питании его электрической энергией от каких-либо источников питания. В качестве источника питания для передатчиков радиоуправляемых

моделей обычно применяются сухие батареи, аккумуляторы или осветительная сеть.

Энергия источников питания преобразуется в энергию высокочастотных колебаний с помощью электронной лампы и колебательного контура. Тип и количество электронных ламп определяют мощность излучения передатчика, а колебательный контур определяет частоту генерируемых колебаний. Чем дальше необходимо передавать командный сигнал, тем более мощным должен быть передатчик. Колебательный контур состоит из конденсатора переменной емкости и катушки индуктивности. Путем изменения емкости конденсатора или индуктивности катушки передатчик настраивается на нужную частоту.

При нажатии телеграфного ключа ток высокой частоты поступает в передающую антенну и циркулирует в ней вверх и вниз. Вследствие этого вокруг антенны образуются электромагнитные волны, которые со скоростью 300 000 км/сек распространяются во все стороны.

На своем пути эти волны частично улавливаются приемной антенной, расположенной на модели. В приемной антенне в результате воздействия на нее электромагнитных волн создается переменное напряжение высокой частоты, которое подается на вход приемника.

Приемник выполняет три основные задачи. Первая задача состоит в том, что приемник, подвергающийся воздействию многих работающих передатчиков, избирает работу своего передатчика.

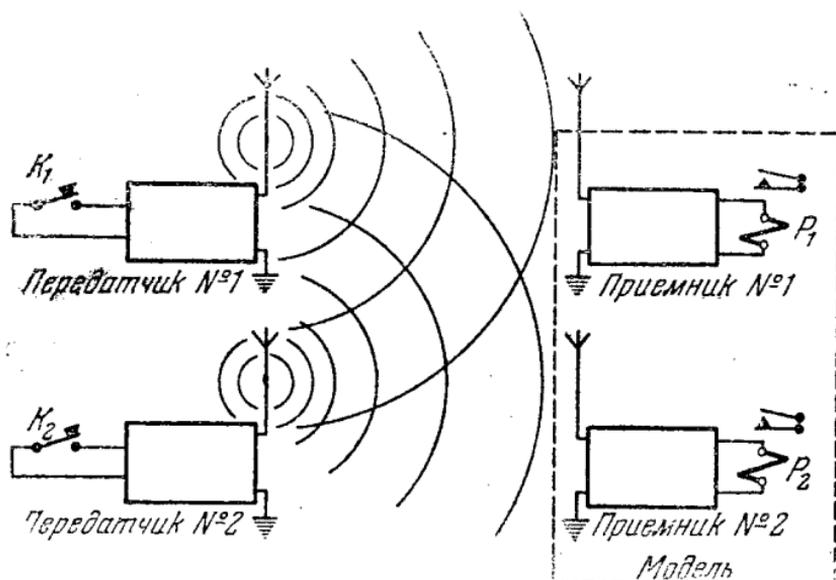
Свойство избирательности, обеспечивающее возможность устранить или ослабить сигналы от посторонних передатчиков, достигается тем, что в схеме приемника, так же как и в схеме передатчика, имеется колебательный контур, который с помощью изменения емкости или индуктивности настраивается именно на ту частоту, которая свойственна току передающей антенны. Между контурами приемника и передатчика устанавливается резонанс, при котором командный сигнал усиливается, а все мешающие воздействия ослабляются.

Вторая задача приемника состоит в том, чтобы усилить принятый командный сигнал. Приемная антенна, находясь на значительном расстоянии от передатчика,

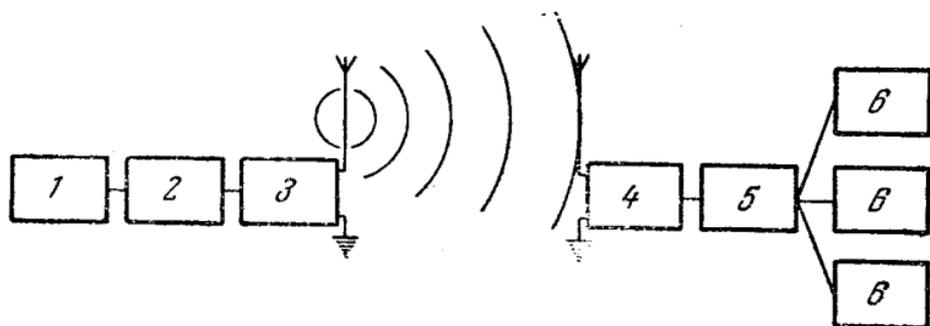
улавливает очень незначительную долю энергии, излучаемую передатчиком. Этой энергии обычно недостаточно для работы исполнительного механизма. Поэтому в приемнике требуется усилить принятые сигналы.

Третья задача приемника состоит в детектировании и принимаемых сигналов. С помощью детектирования из высокочастотного командного сигнала выделяется управляющее напряжение, от которого срабатывает чувствительное реле. Каждому нажатию ключа на передающей стороне соответствует одно срабатывание чувствительного реле на приемной стороне. Это реле, срабатывая, управляет работой исполнительного механизма, например отклоняющего руль поворота.

Рассмотренная система радиуправления дает возможность передавать только одну команду, что для эффективного управления моделью чаще всего недостаточно. Так, например, никто не делает радиоуправляемый корабль с аппаратурой, позволяющей его поворачивать только направо или налево. Управление таким кораблем стремятся сделать универсальным, чтобы он мог по возможности выполнять больше команд, например, сделать разворот направо и налево, застопориться на месте и др. Управлять каждой из этих операций, ко-



Р и с. 2. Блок-схема двухканальной аппаратуры



Р и с. 3. Блок-схема многокомандной аппаратуры:
 1 — пульт управления; 2 — кодирующее устройство; 3 — передатчик; 4 — приемник; 5 — декодирующее устройство; 6 — исполнительный механизм

нечно, проще всего было бы с помощью самостоятельной линии радиосвязи, предназначенной для передачи только одной команды, как это показано на рис. 2. Однако такое использование аппаратуры и линии радиосвязи совершенно не целесообразно. Практика показала, что на модели может быть установлено не более двух-трех приемников. При большем числе приемников из-за влияния их друг на друга работа аппаратуры в целом становится ненадежной. Для многокомандного управления при одной линии радиосвязи прибегают к помощи селективного (избирательного) управления, блок-схема которого дана на рис. 3.

Как видно из рисунка, пульт управления связан с передатчиком не непосредственно, а через специальную схему, называемую кодирующим устройством. На приемной стороне между приемником и исполнительными механизмами включается декодирующее устройство.

При многокомандном управлении подача распоряжения на модель производится путем посылки закодированных командных сигналов. Приемная аппаратура принимает эти сигналы, усиливает, детектирует и подает на декодирующее устройство. Декодирующее устройство, обладая селективным свойством, раскодирует командный сигнал, подавая его на вполне определенный исполнительный механизм.

Кодирование командного сигнала может осуществляться самыми различными способами. Еще недав-

но в модельной практике чаще всего применялся число-импульсный код. При этом виде кодирования число посылаемых передатчиком командных импульсов определяет команду. Так, например, команды могут быть закодированы следующим образом (рис. 4):

двигатель включен	1 импульс
двигатель выключен	2 импульса
руль отклонен вправо	3 импульса
руль отклонен влево	4 импульса и т. д.

Если потребуется большее число команд, то число импульсов должно быть соответственно увеличено. Но это вызовет задержку во времени исполнения команды и усложнит работу оператора.

При передаче число-импульсным кодом интервалы между импульсами должны быть равны или несколько больше продолжительности самих командных импульсов. Что касается интервалов между посылкой двух кодов, то они должны иметь такую продолжительность, чтобы декодирующее устройство могло знать, что предыдущая команда уже передана. Если эти требования не будут выполнены, то декодирующее устройство не сможет четко раскодировать команды и будут наблюдаться ложные срабатывания.

Одним из примеров кодирующего устройства, посылающего командный сигнал в виде число-импульсного кода, является телефонный диск. В этом случае он выполняет две функции, работая как кодирующее устройство и как пульт управления.

В качестве декодирующего устройства при число-импульсном коде используются шаговые распределители, конструкция которых будет описана ниже.

Блок-схема многокомандной аппаратуры радиоуправления, использующая число-импульсный код, показана на рис. 5. Передатчик посылает командные импульсы (см. рис. 4). Как только приемник улавливает сиг-

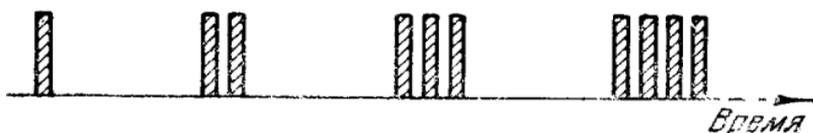
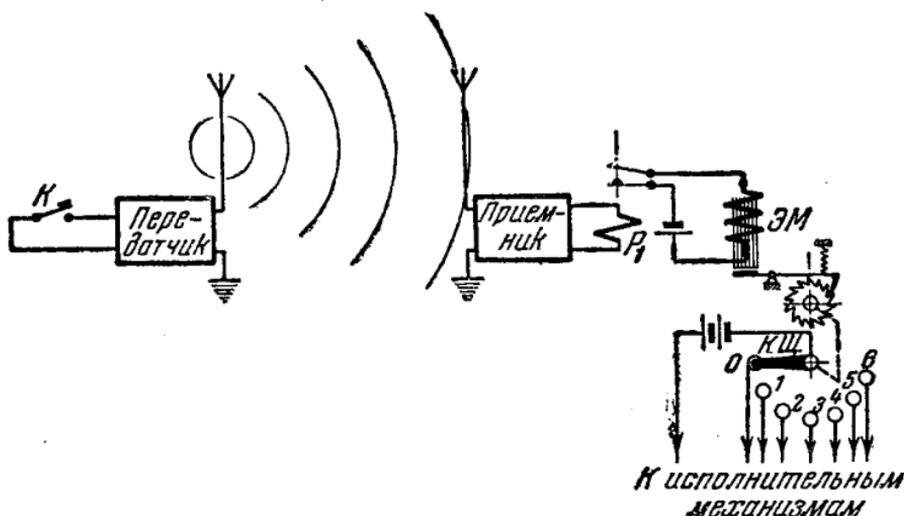


Рис. 4. Число-импульсный код



Р и с. 5. Блок-схема многокомандной аппаратуры с применением число-импульсного кода

налы передатчика, срабатывает чувствительное реле P_1 , включенное на его выходе. Контакты реле замыкают цепь электромагнита ЭМ шагового распределителя. При одном командном импульсе (при одном нажатии ключа передатчика) контактная щетка КЩ распределителя передвигается с нулевого на первый контакт и включает мотор. При двух импульсах щетка перейдет на второй контакт и выключит мотор, при трех — руль отклонится вправо и т. д. Обойдя последовательно все электрические контакты, щетка вернется на нулевой.

Таким образом, применив метод число-импульсного кодирования командного сигнала, имеется возможность включать исполнительные механизмы по очереди один за другим.

Вторым видом кодирования командного сигнала является изменение длительности передающего импульса. Такое кодирование называется широтно-импульсным (рис. 6). В этом случае кодирование сигнала проще всего осуществлять за счет изменения продолжи-



Р и с. 6. Широтно-импульсный код

тельности нажатия ключа оператором. Например, посылка командных сигналов продолжительностью 1—2 секунды соответствует первой команде, а продолжительностью 10 секунд и более — второй команде. Для правильного декодирования такого сигнала приемная аппаратура должна иметь устройство, способное различать импульсы по длительности.

Если к радиоуправляемой модели предъявляются требования повышенной маневренности, то необходимо выполнять команды без задержки во времени или выполнять одновременно несколько команд. Чтобы можно было управлять такими моделями, аппаратура должна позволять оператору одновременно управлять большим числом механизмов, т. е. такая аппаратура должна иметь большое число независимых каналов управления.

В настоящее время среди моделлистов широкое распространение получила многоканальная аппаратура, использующая модуляцию выходной мощности передатчика различными звуковыми частотами. При этом виде кодирования каждой команде соответствует свой звуковой тон модуляции.

На передающей стороне (рис. 7) имеется несколько звуковых генераторов f_1, f_2, f_3 и т. д., выполняющих роль кодирующих устройств. Пульт управления ПУ в зависимости от желаемой команды подключает к передатчику один из звуковых генераторов. В результате излучаемая передатчиком высокочастотная энергия модулируется одной из звуковых частот f_n .

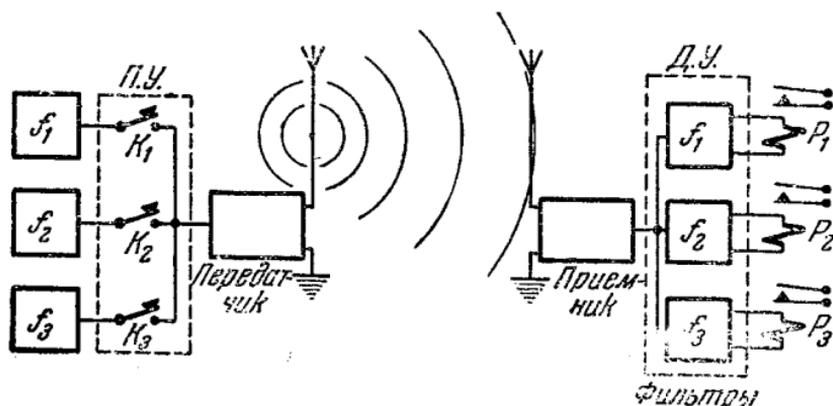


Рис. 7. Блок-схема многоканальной аппаратуры с применением одной радиолинии

При необходимости передавать две команды к передатчику подключаются одновременно два звуковых генератора.

Частоты $f_1, f_2, f_3 \dots f_n$ должны быть выбраны так, чтобы они не имели общих гармоник. Кроме того, эти частоты должны достаточно далеко отстоять друг от друга, чтобы в приемнике их можно было легко различить в декодирующем устройстве ДУ. В этом случае декодирующее устройство представляет ряд фильтров низкой частоты с резонансными частотами $f_1, f_2, f_3 \dots f_n$.

Если принятый на модели сигнал промодулирован звуковой частотой, равной одной из резонансных частот фильтра f_n , то на выходе соответствующего фильтра срабатывает чувствительное реле P_n и замыкается цепь соответствующего исполнительного механизма.

Глава II

ПЕРЕДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Радиопередающее устройство состоит из двух частей: передатчика и пульта управления.

В состав любого передатчика входят следующие основные элементы:

- 1) генератор колебаний высокой частоты;
- 2) антенна, излучающая высокочастотную энергию в пространство;
- 3) источник питания, обеспечивающий электрической энергией все устройство.

Пульт управления позволяет оператору подавать ту или иную команду. Кроме того, пульт управления может включать в себя кодирующее устройство. В простейшем случае в качестве пульта управления используется телеграфный ключ или звонковая кнопка.

Управление на расстоянии по радио принципиально может осуществляться на волнах любого диапазона. Однако для управления моделями самолетов, кораблей и автомобилей наиболее пригодным является ультракоротковолновый диапазон (УКВ).

Министерством связи СССР для передатчиков радиоуправляемых моделей разрешено использовать три

диапазона метровых волн, отведенных для радиолюбителей: 10,0 м (28—29 Мгц), 7,5 м (38—40 Мгц) и 2 м (144—146 Мгц) при мощности передатчика не более 5 вт. Только на эти волны можно изготавливать и настраивать передатчики радиуправляемых моделей.

Под выходной мощностью любительского передатчика понимается мощность, затрачиваемая в выходном каскаде передатчика (произведение из анодного напряжения в вольтах на силу тока в амперах).

Радиолюбитель может по своему усмотрению выбрать любую волну из разрешенного диапазона. Однако прежде чем приступить к изготовлению передатчика, нужно обратиться в местный радиоклуб с просьбой ходатайствовать перед радиоинспекцией областного управления Министерства связи о выдаче разрешения на постройку передатчика. Приступать к постройке передатчика можно только после того, как будет получено соответствующее разрешение от Министерства связи.

Для управляемых моделей мощность передатчика в 1—3 вт в подавляющем большинстве случаев является вполне достаточной.

До рассмотрения схемы передатчика в целом, т. е. в сочетании всех вышеперечисленных элементов, разберем работу генераторов высокой и звуковой частот.

СХЕМЫ ГЕНЕРАТОРОВ

Простейший ламповый генератор состоит всего лишь из трех элементов: колебательного контура, электронной лампы и первичного источника энергии в виде анодной и накальной батарей.

Чтобы объяснить назначение этих основных элементов, приведем следующее сравнение. Колебательный контур, состоящий из катушки индуктивности и конденсатора, подобен маятнику стенных часов, т. е. он определяет частоту колебаний генератора. Анодная батарея по своей задаче сходна с часовой гирей, лампа же подобна тому храповому механизму, который превращает постоянное усилие гири в толчки, поддерживающие колебания маятника.

На рис. 8 изображена простейшая схема генератора с индуктивной обратной связью. Колебательный контур LC включен в сеточную цепь лампы. В анодной цепи

находится катушка $L_{св}$, которая индуктивно связана с катушкой колебательного контура L .

Генератор работает следующим образом. В момент толчка включения анодного напряжения в колебательном контуре LC возникают колебания, частота которых определяется величиной индуктивности катушки L и емкостью конденсатора C . Возникшие в контуре колебания усиливаются

лампой и через цепь обратной связи поступают вновь на контур LC . Если катушка связи включена правильно, то колебания, поступающие из анодной цепи, будут складываться с первоначальными колебаниями в контуре. Амплитуда колебаний таким образом будет увеличиваться до тех пор, пока потери в контуре не будут равны пополнению энергии из анодной цепи. Если катушка обратной связи включена не правильно, то колебания, поступающие в контур из катушки $L_{св}$ обратной связи, будут вычитаться из первоначальных колебаний. Генерация при этом будет невозможна. В этом случае следует поменять местами концы катушки обратной связи.

Если колебательный контур генератора одновременно связан с антенной и излучает с ее помощью часть своей колебательной энергии, то такое устройство называется ламповым передатчиком.

Для получения максимальной мощности от рассмотренной схемы генератора необходимо правильно установить режим работы электронной лампы. Прежде всего следует обратить внимание на величину отрицательного напряжения на сетке лампы. Эта величина зависит от типа лампы, схемы ее включения, анодного напряжения и оговаривается в паспортных данных на лампу. В генераторных схемах отрицательное напряжение на сетке лампы получается, как правило, автоматически, для чего служит сопротивление R_c и конденсатор C_c . В положительные полупериоды напряжения колебаний на

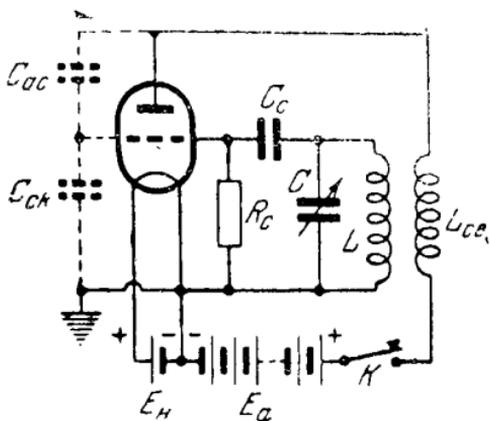


Рис. 8. Схема генератора с индуктивной обратной связью

сетке через сопротивление R_c течет сеточный ток, создавая на нем падение напряжения с отрицательным знаком по отношению к сетке и заряжая конденсатор C_c . В отрицательный полупериод напряжения колебаний сеточный ток отсутствует, но конденсатор C_c разряжается и ток разряда конденсатора поддерживает падение напряжения на сопротивлении R_c с тем же знаком. Величина сеточного конденсатора C_c не является критичной и может быть выбрана от 50 до 200 пф. Величина сопротивления R_c зависит от типа лампы и схемы ее включения, меняясь в пределах 10—50 ком.

Величина обратной связи определяется числом витков катушки обратной связи и ее расстоянием от катушки колебательного контура. Рекомендуемое число витков катушки обратной связи должно составлять половину или одну треть числа витков катушки контура. Если обратная связь недостаточна, то генератор или вовсе не генерирует или же колебания срываются при подключении антенны. При замене лампы на новую следует заново установить величину обратной связи.

Схема генератора с индуктивной обратной связью в ультракоротковолновом диапазоне, как правило, не применяется. Основным недостатком схемы является неблагоприятное влияние паразитной емкости между анодной и сеточной цепями, которая складывается из междуэлектродной емкости лампы анод-сетка C_{ac} , а также емкости монтажа. Эта емкость, показанная на схеме рис. 8 пунктиром, создает при работе генератора в диапазоне УКВ сильную дополнительную обратную связь, которая нарушает работу генератора, делая ее неустойчивой.

Рассмотренная схема широко применяется в генераторах звуковой частоты, использующихся в качестве модуляторов передатчиков, и в свержегенеративных приемниках в качестве генератора гашения.

В диапазоне УКВ широко применяются генераторы с емкостной обратной связью, в которых междуэлектродные емкости лампы используются в качестве цепи обратной связи.

Схема генератора с емкостной обратной связью приведена на рис. 9. Пунктиром показаны паразитные емкости лампы: анод-катод $C_{ак}$ и сетка-катод $C_{ск}$, которые образуют делитель напряжения обратной связи.

Емкость лампы — анод-сетка C_{ac} включена параллельно контуру. За счет такого включения контура и лампы автоматически выполняются условия для правильной обратной связи.

В подобных генераторах величина обратной связи зависит от соотношения емкостей лампы $C_{ак}$ и $C_{ск}$, которое не всегда является наиболее выгодным. В некоторых случаях работа генераторов улучшается, если параллельно одной из этих емкостей включить дополнительный конденсатор емкостью от 1 до 10 $nф$. Когда необходимо увеличить обратную связь, то надо увеличить емкость $C_{ак}$. Чтобы уменьшить обратную связь, необходимо увеличить емкость $C_{ск}$.

Генератор с емкостной обратной связью чаще всего выполняется по несколько измененной схеме, показанной на рис. 10. В этой схеме анодный дроссель подключен к среднему витку контурной катушки L . Более точное положение точки подключения дросселя $Др$ подбирается опытным путем. При такой схеме индуктивность и собственная емкость дросселя меньше влияют на работу генератора.

Помимо генератора с колебательным контуром обычного типа, на УКВ широко применяются генераторы, в которых в качестве колебательного контура используется линия из двух параллельных проводов с короткозамкнутым передвижным мостиком $М$ (рис. 11). Такие генераторы хорошо работают на более коротких волнах, в

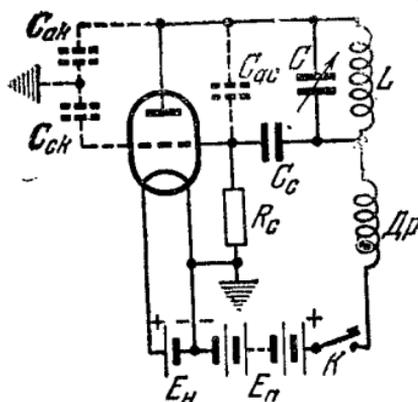


Рис. 9. Схема генератора с емкостной обратной связью

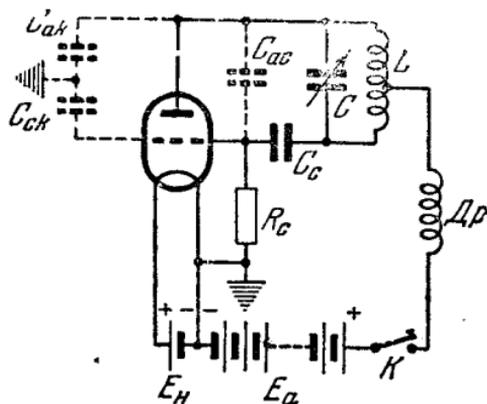


Рис. 10. Подача напряжения на среднюю точку катушки

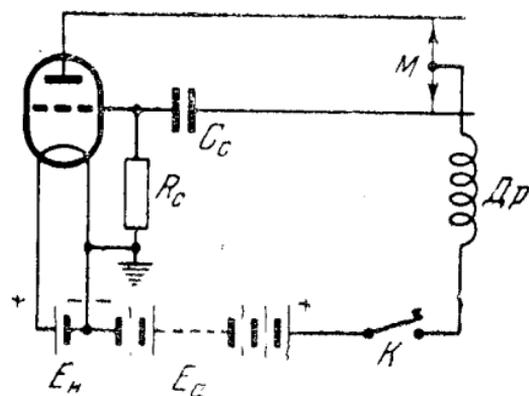


Рис. 11. Схема генератора с линией в качестве колебательного контура

контура. Двухтактные генераторы при прочих равных условиях могут генерировать более короткие волны, чем одноктактные, рассмотренные выше.

Хорошая стабильность по частоте, почти удвоенная мощность излучения и простота конструкции делают двухтактные генераторы наиболее подходящими для передатчиков радиоуправляемых моделей.

На рис. 12 показана схема двухтактного генератора с индуктивной обратной связью. Работа каждой из половин этой схемы эквивалентна работе схемы, приведенной на рис. 8.

Схема двухтактного генератора с емкостной обратной связью показана на рис. 13. Величина обратной связи устанавливается за счет подбора точек подключения конденсаторов связи C_1 и C_2 . Удобнее вместо этих конденсаторов применять конденсаторы переменной емкости, выводы от этих конденсаторов подключать к концам катушки контура, а

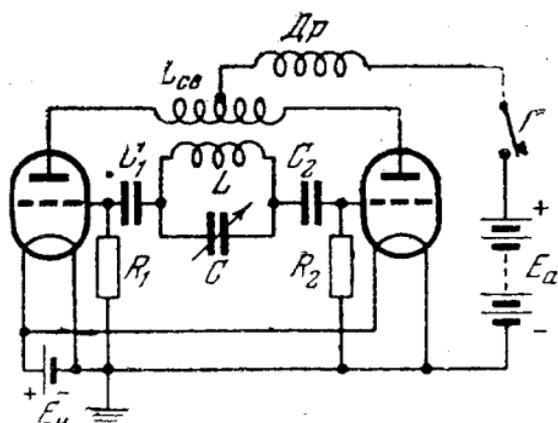


Рис. 12. Схема двухтактного генератора с индуктивной обратной связью

обратную связь подбирать за счет изменения величин их емкостей (пунктир на рис. 13).

При постройке двухтактного генератора расположение деталей и монтаж должны быть симметричными. В качестве ламп рекомендуется использовать двойные триоды.

Применение тетродов или пентодов дает мало преимуществ по сравнению с триодами, поэтому для упрощения электрической схемы генератора следует их включать в триодном режиме (соединять анод с экранной сеткой).

Существует еще целый ряд других схем УКВ генераторов. Однако описывать их нет необходимости, так как выше рассмотренные схемы дают представление об основных типах генераторов, используемых в передающей аппаратуре радиоуправляемых моделей.

Следует отметить, что стабильность рассмотренных УКВ генераторов по частоте при хорошем конструктивном выполнении передатчика обеспечивает надежную работу линии радиосвязи при условии применения в приемной аппаратуре сверхрегенератора.

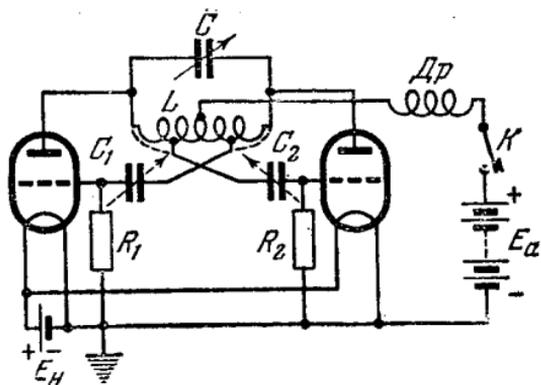


Рис. 13. Схема двухтактного генератора с емкостной обратной связью

ДЕТАЛИ И ЛАМПЫ ГЕНЕРАТОРОВ МЕТРОВЫХ ВОЛН

Основным элементом лампового генератора является колебательный контур, который для передатчиков метровых волн в большинстве случаев состоит из катушки индуктивности и конденсатора переменной емкости.

Катушки контуров делаются бескаркасными из голого медного провода (желательно посеребренного) или на каркасах из органического стекла или полистирола. Необходимо, чтобы катушка контура была прочной. Если она недостаточно жестко укреплена или ее витки дрожат от сотрясений, то ее индуктивность будет ме-

няться, что приведет к нестабильности частоты генератора.

Диаметр катушки не следует делать большим, так как при этом сама катушка будет излучать значительную долю колебательной энергии. Диаметр катушки следует брать в пределах от 14 до 40 мм. Чтобы уменьшить потери, нужно различные металлические детали удалить от катушки на расстояние не менее ее диаметра.

Для настройки на нужную частоту параллельно катушке включают небольшой конденсатор переменной емкости с максимальной емкостью 20—30 пф. Такой конденсатор для уменьшения потерь берется с воздушным или керамическим диэлектриком. В УКВ генераторах хорошо работает полупеременный керамический конденсатор типа КПК-1 6/25 с максимальной емкостью 25 пф. При таком конденсаторе катушка колебательного контура в диапазоне 28—29 Мгц имеет 8—9 витков, с диаметром витка 22 мм при длине катушки 18 мм. При работе в диапазоне 39—40 Мгц катушка состоит из 6—7 витков такого же диаметра при длине 15—16 мм.

Конденсаторы постоянной емкости в цепях высокой частоты следует применять керамические типа КДК или КТК. Конденсаторы с бумажным диэлектриком и электролитические следует применять только в цепях питания и усиления низкой частоты, например в модуляторах.

Важную роль в УКВ генераторах играют дроссели высокой частоты. Они изготавливаются в виде однослойных катушек диаметром 5—10 мм и имеют несколько десятков витков провода ПЭЛ 0,15—0,2. Намотку дросселя чаще всего производят на мастичном постоянном сопротивлении, рассчитанном на мощность рассеивания 0,5—1 Вт. Величина сопротивления не должна быть меньше 0,5 Мом. Наилучшим является дроссель, намотанный с переменным (прогрессивным) шагом, причем вывод от того конца дросселя, где расстояние между его витками наибольшее, присоединяется к отводу контура, к сетке или аноду лампы.

Дроссель хорошо работает при условии, что длина наматываемого провода равна одной трети длины волны. Для дросселя, работающего в передатчике с диапа-

зоном 28—29 Мгц, длина наматываемого провода должна быть 3,5 м, в диапазоне 39—40 Мгц — 2,5 м.

В УКВ передатчиках желательно применять керамические ламповые панельки. Монтаж анодных и сеточных цепей следует производить медным проводом диаметром 1—1,5 мм. Соединительные проводники должны быть как можно короче. Места соединения необходимо тщательно пропаять.

Очень важно также выбрать нужную радиолампу. Обычные триоды, пентоды и другие радиолампы, предназначенные для работы на низких частотах, в диапазоне УКВ, как правило, работают плохо.

Если передатчик предполагается питать от батарей, то рекомендуется применять маломощные лампы прямого накала типа 1НЗС, 2Ж2М, 2К2М, 2П1П, 2П9М, 2П29П, 4Ж1Л и 4П1П.

При питании передатчика от сети переменного тока целесообразно использовать лампы с подогревным катодом типа 6Ж1П, 6Ж3П, 6Н1П, 6Н3П, 6Н15П и 6С2П.

Если в генераторах УКВ необходимо повысить мощность, то не следует включать лампы параллельно, так как увеличиваются паразитные емкости и работа генератора резко ухудшается. В этом случае целесообразнее применять двухтактные схемы или более мощные лампы.

Режим работы лампы по постоянному току не должен превышать паспортных данных, иначе лампа быстро выйдет из строя. Особенно следует следить за тем, чтобы произведение напряжения на аноде и анодного тока, протекающего через лампу, не было больше допустимой мощности рассеивания на аноде, которая приводится в паспорте на данную лампу. Превышение анодного напряжения может вызвать пробой в лампе между анодом и сеткой.

ПЕРЕДАЮЩИЕ АНТЕННЫ

Передающая антенна служит для излучения высокочастотной энергии, создаваемой передатчиком. Для достижения этой цели передающая антенна должна иметь определенную длину, т. е. настраиваться на частоту передатчика. Кроме того, антенна должна быть так электрически связана с катушкой колебательного

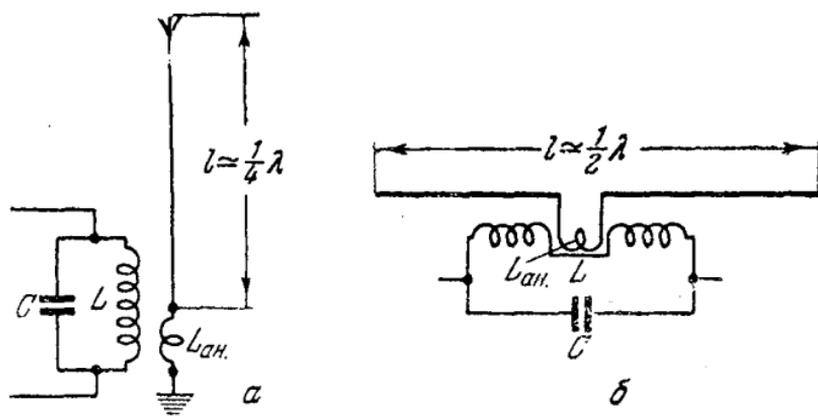


Рис. 14. Различные схемы связи передатчика с антенной: а — при однотактной схеме выходного каскада; б — при двухтактной

контура, чтобы отбирать от него максимальную колебательную мощность и в виде электромагнитной энергии излучать ее в пространство.

Наиболее часто применяется индуктивная связь с антенной. В этом случае антенна связана с катушкой колебательного контура с помощью катушки связи $L_{ан}$ (рис. 14,а). Если передатчик собран по двухтактной схеме, то рекомендуется антенную катушку связи располагать симметрично по отношению к катушке контура (рис. 14,б). Антенная катушка конструктивно выполняется такой же, как и контурная катушка. Число витков антенной катушки выбирается от одного до двух, в зависимости от величины связи с контурной катушкой, т. е. от расстояния между ними.

Для максимального излучения высокочастотной энергии передатчиком необходимо правильно установить связь между катушкой колебательного контура и антенной катушкой. За счет изменения расстояния между этими катушками можно получить оптимальную связь, при которой антенна излучает максимальную мощность.

В качестве индикатора высокочастотной энергии при подборе связи применяется лампочка накаливания с витком, неоновая лампочка или индикатор напряженности поля. Подробные сведения об этих индикаторах даются в главе VII («Измерительная аппаратура»).

Дальнейшее увеличение связи по сравнению с опти-

мальной вызывает уменьшение отдаваемой в антенну мощности. Кроме того, при этом резко снижается стабильность частоты передатчика и возможен срыв генерации.

В качестве передающей антенны в аппаратуре радиоуправления моделями наиболее часто применяется штыревая антенна — четвертьволновый вибратор. Такая антенна представляет собой штырь из медной или алюминиевой проволоки (трубки) диаметром 5—6 мм. Длина штыря берется равной $\frac{1}{4}$ длины волны, излучаемой передатчиком. Длина штыря антенны также должна подбираться по максимальному показанию индикатора напряженности поля. Поэтому удобно иметь телескопическую антенну, так как ее конструкция дает возможность достаточно точно изменять ее длину.

Если передатчик построен по двухтактной схеме, то

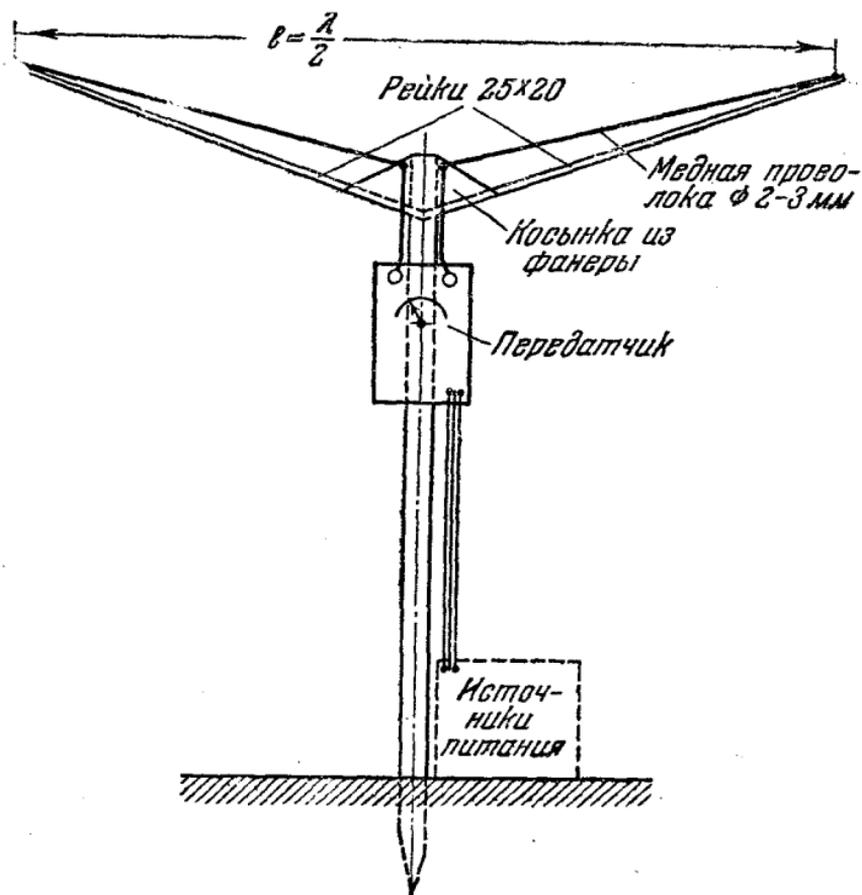


Рис. 15. Конструкция полуволновой антенны

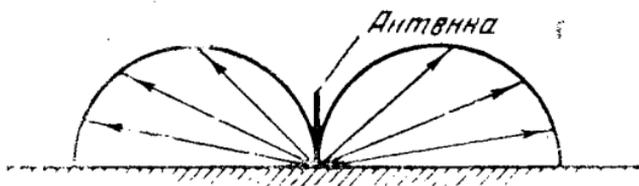


Рис. 16. Диаграмма направленности штыревой антенны в вертикальной плоскости

целесообразнее в качестве антенны применять полуволновый вибратор. Оба штыря полуволнового вибратора выполняются из кусков медной или алюминиевой проволоки (трубки) длиной $\frac{1}{4}$ длины волны. Диаметр штырей антенны меняется в зависимости от конструкции подставки антенны от 2 до 10 мм. Один из вариантов конструкции полуволновой антенны показан на рис. 15.

Если измерять напряженность электромагнитного поля около передатчика, то окажется, что антенна излучает не во все стороны равномерно. В определенных направлениях излучение особенно интенсивно, в то время как в других направлениях антенна совсем не излучает. Полученная картина напряженности электромагнитного поля называется диаграммой направленности антенны.

Четвертьволновая антенна (вертикальный штырь) имеет в горизонтальной плоскости равномерную диаграмму (т. е. излучает во все стороны равномерно), а в вертикальной плоскости «мертвую зону» — провал, расположенный над антенной (рис. 16). При управлении моделями кораблей и автомобилей этот провал не играет роли, а при управлении летающими моделями, когда модель пролетает над антенной, штырь следует наклонять на $30\text{--}40^\circ$, чтобы модель не попала в «мертвую зону».

На рис. 17 приведена диаграмма направленности полуволнового вибратора в горизонтальной плоскости, из которой видно, что антенна должна все время поворачиваться на модель, чтобы создать максимальную напряженность поля в зоне приема. В вертикальной плоскости такая антенна провалов не имеет. В зоне максимального излучения полуволнового вибратора напряженность электромагнитного поля в 1,5 раза выше на-

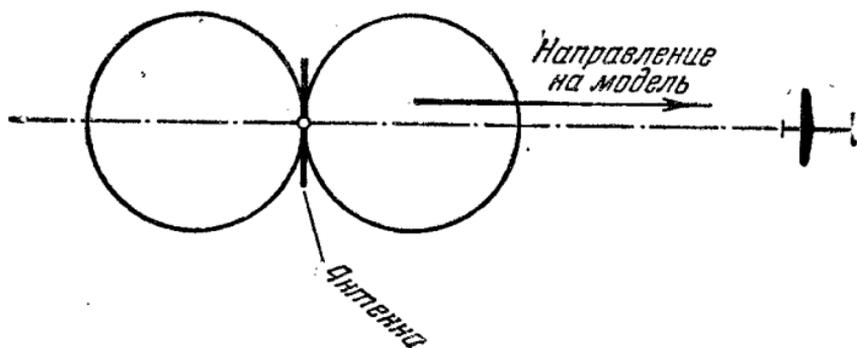


Рис. 17. Диаграмма направленности полуволнового вибратора в горизонтальной плоскости

пряженности поля четвертьволновой антенны при той же мощности передатчика.

СХЕМЫ ПЕРЕДАТЧИКОВ

В аппаратуре радиуправления моделями самолетов и кораблей наибольшее распространение получили передатчики с батарейным питанием. Батарейное питание позволяет изготовить передатчик с мощностью в 1—3 *вт* достаточно компактным и переносным.

В передающую аппаратуру радиуправляемых автомобилей питание может поступать как от батарей, так и от сети.

Рассмотрим схемы передатчиков в основном с батарейным питанием, как наиболее пригодные для радиуправления моделями.

На рис. 18 приведена схема простейшего однолампового передатчика, генератор высокой частоты которого собран по схеме с емкостной обратной связью (см стр. 17).

Контурная катушка L_2 и катушка антенной связи L_1 наматываются голым проводом диаметром 1,5—2 *мм* без каркаса. При работе передатчика в диапазоне 28—29 *Мгц* катушка L_2 имеет 8—9 витков с диаметром витка 22 *мм* при шаге намотки 3—3,5 *мм*. В диапазоне 38—40 *Мгц* катушка L_2 имеет 6—7 витков такого же провода и диаметра при длине катушки 18—22 *мм*. Параллельно катушке L_2 припаивается конденсатор колебательного контура с максимальной емкостью 15—20 *пф*. Катуш-

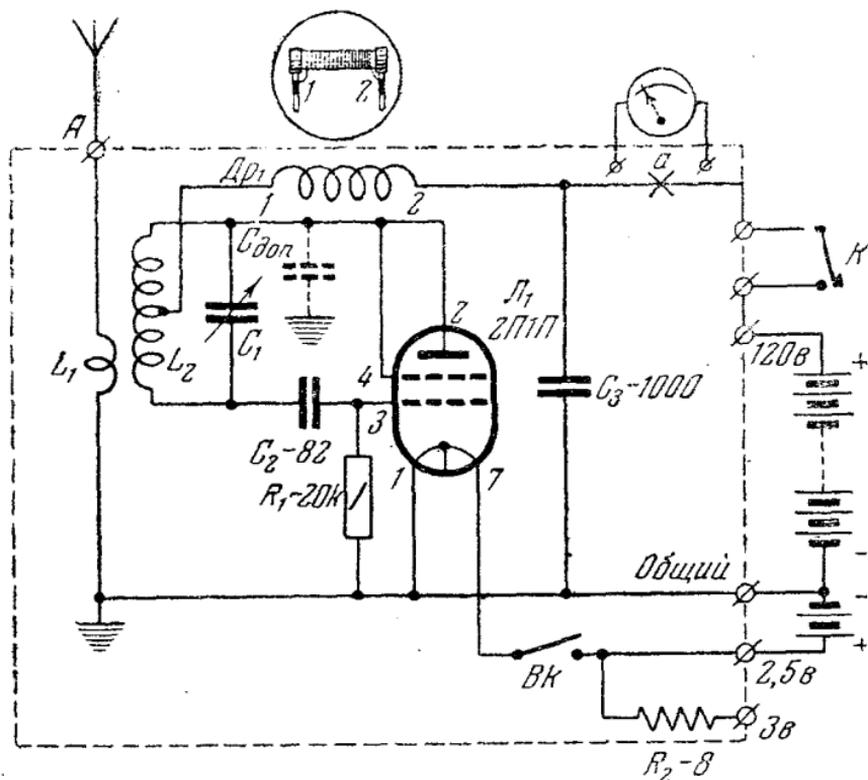


Рис. 18. Схема простейшего однолампового передатчика

ка L_1 имеет один-два витка такого же провода, что и катушка L_2 . Диаметр витка — 22 мм.

Детали передатчика монтируются на гетинаксовой или текстолитовой панели с соблюдением правил монтажа УКВ генераторов (стр. 19). Дроссель Dr_1 имеет 50—70 витков провода ПЭ—0,15, намотанных прогрессивно на сопротивлении типа ВС—0,5 Мом. Конец дросселя с прогрессивной намоткой припаивается к среднему витку катушки L_2 .

В качестве антенны используется четвертьволновый штырь из медной или алюминиевой проволоки или трубки с наружным диаметром 5—8 мм.

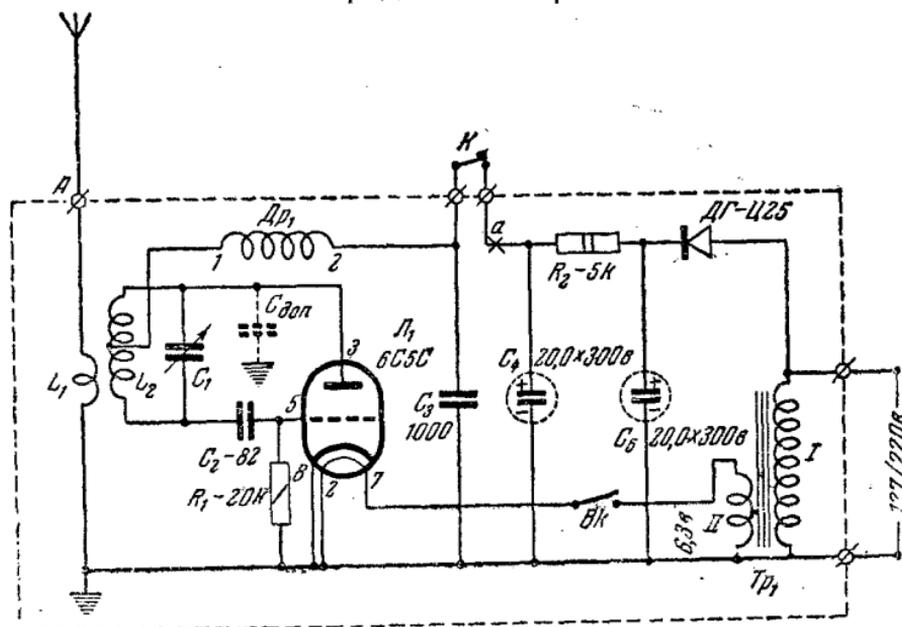
Прежде чем на передатчик подать напряжение питания, нужно тщательно проверить правильность монтажа и только после этого приступить к его налаживанию.

В разрыв анодной цепи (точка a) включается миллиамперметр со шкалой на 30—50 ма. Включается тумблер $Вк$, после чего нить лампы должна светиться. При

нажатии кнопки управления K , если передатчик смонтирован правильно, миллиамперметр должен показать $10\text{--}20\text{ ма}$. Величина сопротивления R_1 подбирается по максимальному свечению неоновой лампочки, поднесенной к катушке L_2 . Наивыгоднейшее значение величины обратной связи подбирается по минимальному показанию тока миллиамперметра. Это можно сделать следующим образом. На провод, идущий от анода лампы к контуру, наматывается несколько витков ($10\text{--}50$) медного провода ПЭЛ $0,2\text{--}0,3$. Один из концов наматываемого провода припаивается к общему проводу «минус», играющему роль контакта «земля». Другой конец плотно прижимается к анодному проводу, оставаясь свободным. Перед намоткой анодный провод обматывается в $2\text{--}3$ слоя конденсаторной бумагой, что исключает возможность короткого замыкания анодной цепи на «землю». Число витков намотки, определяющих дополнительную емкость $C_{\text{доп}}$, подбирается опытным путем для получения наивыгоднейшей связи.

Подбор величины связи антенной катушки с катушкой контура, а также подбор длины штыря антенны производится по методике, описанной на стр. 21.

В налаженном передатчике при нажатии ключа K



Р и с. 19. Простейший одноламповый передатчик с питанием от сети переменного тока

лее мощного передатчика собран по двухтактной схеме с емкостной обратной связью.

Конструкция, данные катушек L_1 и L_2 и дросселя Dp_1 могут быть взяты такими же, как и для однолампового передатчика.

В качестве антенны используется полуволновый вибратор. Антенная катушка связи размещается в середине контурной катушки, как показано на рис. 20,б.

Налаживание передатчика рекомендуется производить в той же последовательности, что и для однолампового передатчика. Режим работы лампы по постоянному току устанавливается подбором величины сопротивлений R_1 и R_2 .

Для контроля работы передатчика параллельно катушке L_1 подключается лампочка от карманного фона-

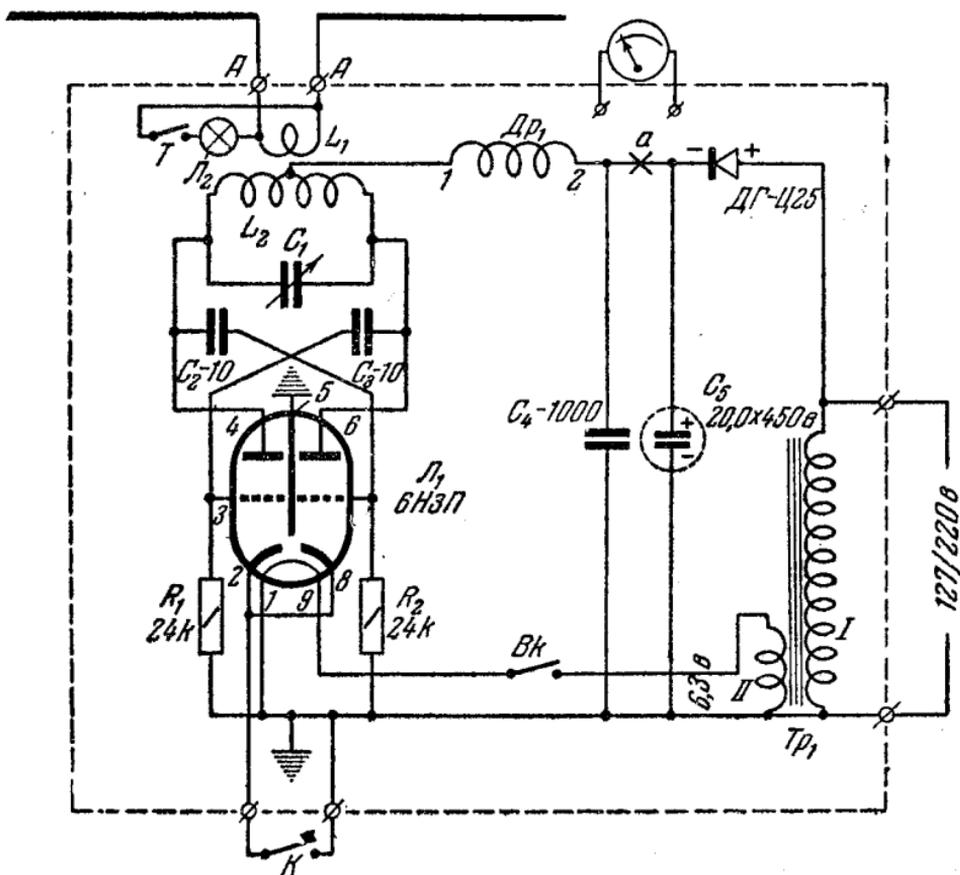


Рис. 21. Двухтактный передатчик с питанием от сети переменного тока

ря L_3 . При нажатии кнопки T лампочка должна загореться. Необходимо следить, чтобы при работе передатчика кнопка была разомкнута и нажималась только в моменты контроля.

Подробное описание конструкции передатчика, а также методика его налаживания будут даны при описании аппаратуры радиоуправляемой модели автомобиля.

Сетевой вариант передатчика, собранного по двухтактной схеме, приведен на рис. 21. Передатчик работает в диапазоне 144—146 Мгц. Катушка L_2 имеет 4 витка. Диаметр витка 22 мм, шаг намотки — 3 мм. Катушка L_1 связи состоит из 1 витка. В качестве трансформатора Tr_1 можно использовать любой понижающий трансформатор с 127/220 в до 6,3 в.

Мы рассмотрели схемы передатчиков, излучающих только одну «несущую» частоту, т. е. излучающих немодулированный сигнал. Такие передатчики пригодны для работы с приемной аппаратурой, рассчитанной для приема немодулированного сигнала.

Для многоканальной связи амплитуда колебаний высокой частоты должна быть промодулирована несколькими звуковыми частотами, которые в приемной аппаратуре преобразуются в различные команды. В этом случае каждой звуковой частоте соответствует определенная команда (см. стр. 12).

Модуляция высокочастотных колебаний может осуществляться за счет изменения анодного напряжения генераторной лампы с частотой модуляции (анодная модуляция) или за счет изменения напряжения на управляющей сетке лампы (сеточная модуляция). Иногда модуляция производится изменением напряжения одновременно на нескольких электродах лампы.

На рис. 22 приведена схема передатчика с анодной модуляцией.

Для получения глубокой анодной модуляции необходимо, чтобы модуляторная лампа создавала достаточно большую мощность колебаний звуковой частоты. Так, например, мощность колебаний звуковой частоты должна составлять приблизительно 70% мощности высокочастотного передатчика, работающего без модуляции. Чаще всего в качестве модуляторной лампы используется тот же тип ламп, что и в генераторных схемах.

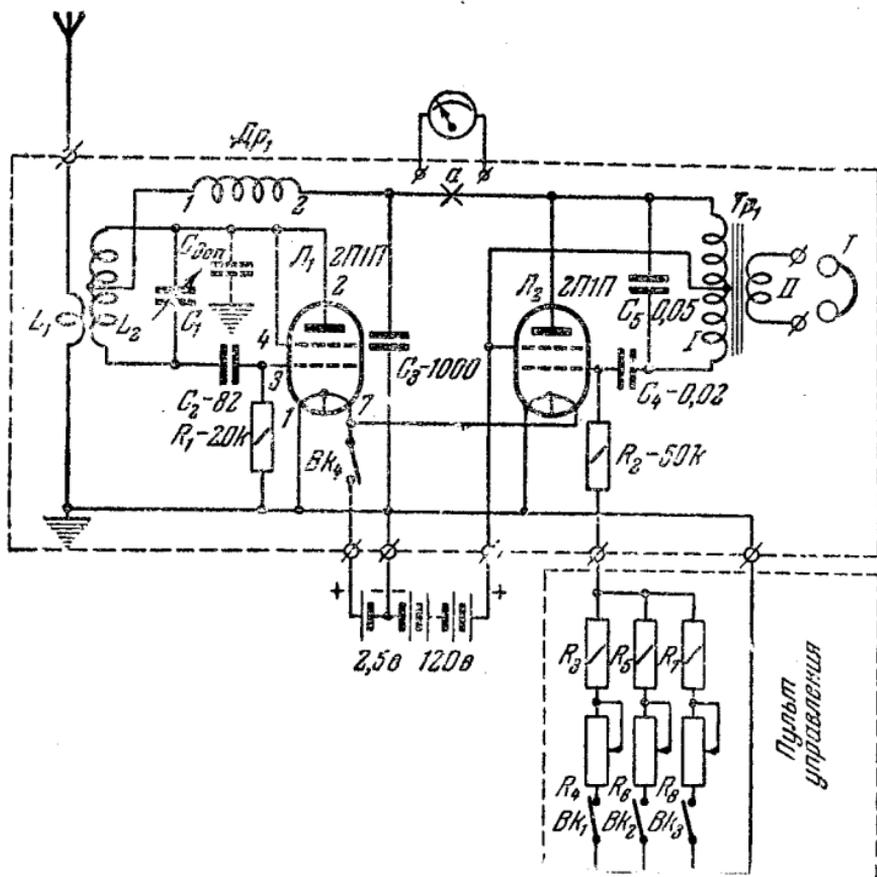


Рис. 22. Схема передатчика с анодной модуляцией

Передатчик с анодной модуляцией работает следующим образом. Первый каскад (лампа L_1) работает в качестве генератора высокочастотных колебаний, собранного по схеме с емкостной обратной связью. Данные схемы высокочастотного генератора и методика налаживания аналогичны приведенным выше для одноламповых передатчиков. Разница состоит в том, что напряжение к аноду лампы L_1 поступает не непосредственно от батарей, а через обмотку трансформатора Tr_1 , который, в свою очередь, является катушкой колебательного контура звукового генератора (лампа L_2).

Звуковой генератор работает по трехточечной схеме на лампе 2П1П. В качестве колебательного контура используется первичная обмотка выходного трансформатора, используемого в приемнике «Родина». Трансформатор имеет следующие данные: сечение сердечника —

3,2 см², обмотка I наматывается проводом ПЭЛ 0,1 и имеет 3000 + 3000 витков, обмотка II наматывается проводом ПЭЛ 0,8 и содержит 33 витка.

Частота колебаний звукового генератора в основном определяется величиной сопротивления утечки сетки R ($R = R_2 + R_3 + R_4$) и емкостью конденсатора C_4 . При C_4 , равном 0,02 мкф, и при изменении сопротивления R от 200 ком до 100 ком частота изменится от 250 гц до 500 гц.

Работу звукового генератора удобно контролировать, включив телефоны T во вторичную обмотку трансформатора Tr_1 . При правильно смонтированном модуляторе после включения напряжения питания в наушниках должен прослушиваться тон с частотой модуляции.

При сеточной модуляции напряжение звуковой частоты подается на управляющую сетку генераторной лампы, управляя тем самым анодным током лампы, а следовательно, и амплитудой высокочастотных колебаний в такт со звуковой частотой. Мощность модулятора при сеточной модуляции составляет 3—5% мощности высокочастотного генератора. Поэтому при сеточной модуляции легче получить коэффициент модуляции, близкий к единице. Однако при сеточной модуляции мощность передатчика получается в два раза меньше, чем при анодной модуляции, что несколько снижает радиус действия аппаратуры, работающей с сеточной модуляцией.

На рис. 23 приведена схема трехлампового передатчика с сеточной модуляцией. Высокочастотный генератор собран по двухтактной схеме с емкостной обратной связью. Данные его схемы и методика налаживания аналогичны приведенным для схемы передатчика, данной на рис. 20.

В качестве сеточного модулятора используется звуковой генератор, собранный на лампе L_3 по схеме генератора с индуктивной обратной связью. Но режим работы его в схеме трехлампового передатчика несколько отличается от режима работы простейшего генератора с индуктивной обратной связью. Отличие состоит в том, что частота звукового генератора из-за слишком сильной обратной связи в основном определяется величиной сеточного сопротивления R ($R = R_6 + R_7 + R_{10}$) и емкостью сеточного конденсатора C_7 , а не параметрами

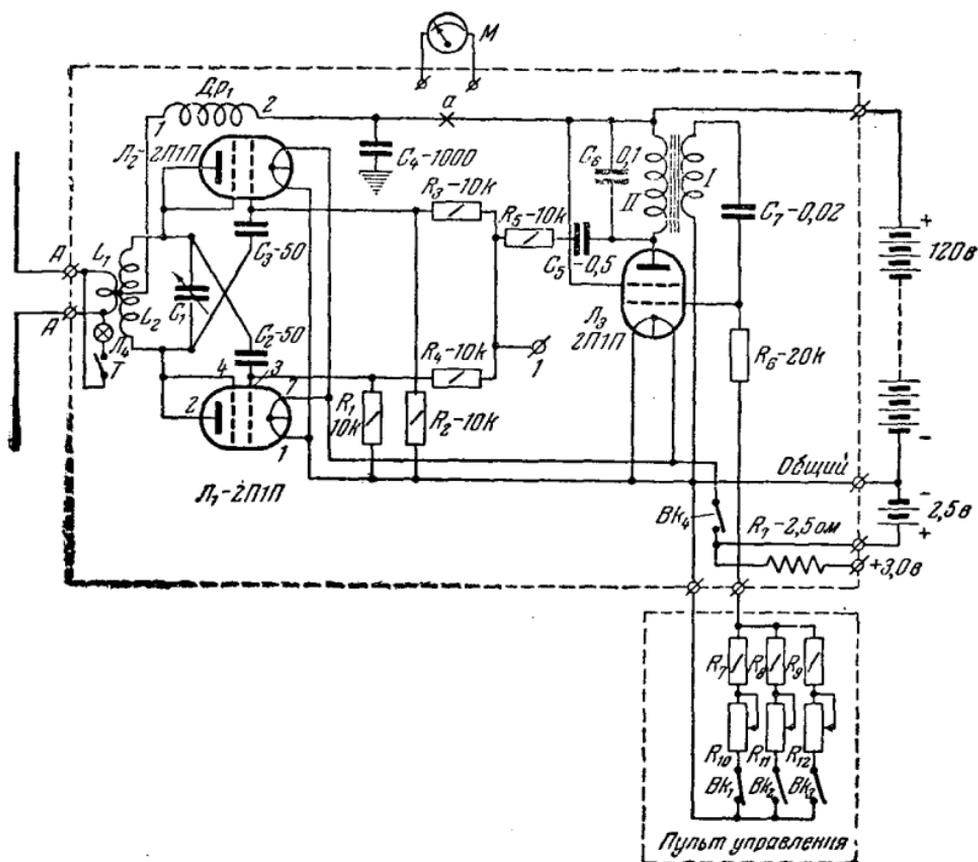


Рис. 23. Схема передатчика с сеточной модуляцией колебательного контура. Катушка трансформатора Tr_1 наматывается проводом ПЭЛ 0,1—0,15. Обмотки I и II содержат по 1000 витков. Сердечник трансформатора имеет сечение 2 см^2 .

Частота звукового генератора при $C_7 = 0,02 \text{ мкф}$ изменяется от 180 гц до 300 гц при изменении величины сопротивления утечки сетки R от 180 ком до 100 ком. Частота устанавливается за счет подключения соответствующего сопротивления с помощью переключателей $Вк_1$ — $Вк_3$. Число подключаемых сопротивлений равно числу подаваемых команд передающим устройством. Рассмотренная схема имеет возможность передавать одну из трех команд. При желании число команд может быть увеличено до 6—8. Чтобы установить частоту звукового генератора, равную частоте одного из язычков резонансного реле приемника, применяются сопротивления R_{10} , R_{11} и R_{12} .

Напряжение звуковой частоты, снимаемое со вторичной обмотки трансформатора, через сопротивления R_5 , R_3 и R_4 подается на сетки ламп L_1 и L_2 .

При налаживании передатчика величина сопротивления R_5 подбирается такой, чтобы исключить перемодуляцию высокочастотного генератора.

Наивыгоднейшая амплитуда напряжения модуляции выбирается следующим образом. На выход приемника параллельно обмотке чувствительного или резонансного реле подключаются наушники. Сопротивление R_5 (рис. 23) заменяется переменным сопротивлением в 47 ком. Величину переменного сопротивления следует уменьшать до тех пор, пока не прекратится нарастание силы звукового тона в наушниках. Подбор необходимой величины сопротивления R_5 производится при минимальной величине входного сигнала приемника, который получается при укороченной антенне передатчика и отключенной антенне приемника или при расстоянии между передатчиком и приемником не менее 100 м.

Если необходимо одновременно передать две команды, передатчик должен иметь два генератора звуковой частоты. Для этого в точку 1 (рис. 23) подключается второй звуковой генератор, собранный по схеме, аналогичной первому звуковому генератору. При этом коэффициент модуляции от каждого звукового генератора должен быть уменьшен до 0,5, что, конечно, уменьшит радиус действия аппаратуры. Для уменьшения коэффициента модуляции сопротивления R_3 и R_4 увеличиваются до 40 ком.

Глава III

РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЕТЕКТОРНЫЕ ПРИЕМНИКИ

До настоящего времени детекторные приемники из-за их низкой чувствительности применялись главным образом для контроля работы передатчика, как индикаторы напряженности поля или как волномеры. В этих случаях детекторный приемник помещали в непосредственной близости от антенны или от контура передатчика.

Детекторный приемник, используемый как индикатор, может быть построен по схеме, изображенной на рис. 24,а. О силе принимаемого сигнала в этом случае судят по отклонению стрелки миллиамперметра.

Контур приемника, состоящий из катушки L_2 и конденсатора C_1 , должен иметь как можно большую добротность. Детектор должен иметь малую собственную емкость. Наиболее подходящими для детекторных приемников, работающих в диапазоне УКВ, являются точечные германиевые диоды типа ДГ-Ц и Д2. Нельзя применять купроксные и селеновые детекторы, так как они имеют большую собственную емкость.

В качестве антенны лучше всего работает полуволновый диполь, но для удобства его размеры можно уменьшить. Уменьшение длины антенны вызовет уменьшение отклонения стрелки миллиамперметра, что заставит использовать более чувствительный прибор или перейти к двухполупериодной схеме детекторного приемника (рис. 24,б).

Чувствительность приемника, собранного по двухполупериодной схеме, выше чувствительности приемника, собранного по однополупериодной схеме.

С появлением полупроводниковых триодов стало возможно применять детекторные приемники в аппаратуре радиоуправления простейших моделей кораблей и автомобилей.

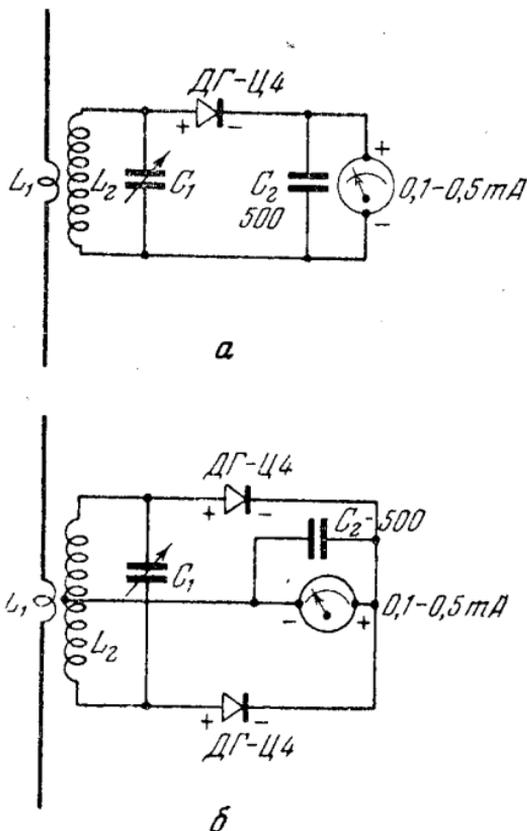


Рис. 24. Схема детекторного приемника а и двухполупериодная схема детекторного приемника б

При мощности передатчика в 5 вт приемник, построенный по схеме, приведенной на рис. 25, обеспечивает надежное управление моделью в радиусе 10—15 м. Приемник работает в диапазоне 144—146 Мгц, что позволило применить в качестве антенны настроенный полуволновый диполь небольших размеров. При работе приемника необходимо обратить внимание, чтобы ориентация антенны приемника совпадала с ориентацией антенны передатчика. Для того чтобы неравномерность диаграммы направленности как передающей, так и приемной антенн не оказывала влияния, желательно обе антенны располагать вертикально.

Работа приемника, собранного по схеме рис. 25, происходит следующим образом. Принятые антенной немодулированные высокочастотные колебания, посылаемые передатчиком, поступают на колебательный контур. Если колебательный контур предварительно настроен на частоту колебаний, излучаемых передатчиком, то на нем будет выделяться высокочастотное напряжение. Выделенное контуром L_2C_1 высокочастотное напряжение

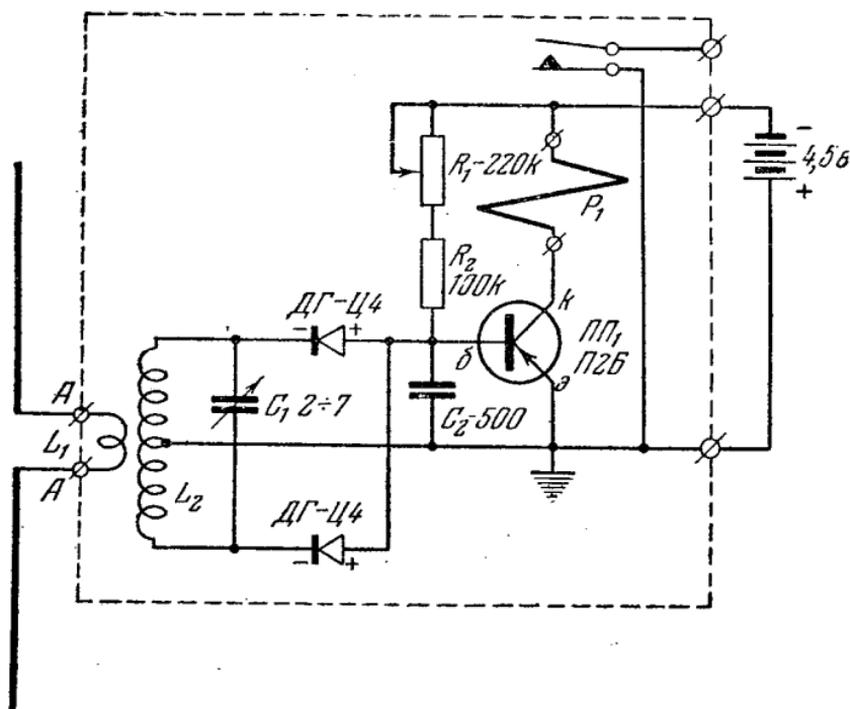


Рис. 25. Схема детекторного приемника с усилителем на полупроводниковом триоде

детектируется по двух-полупериодной схеме. Постоянная составляющая протектированного высокочастотного напряжения поступает на вход усилителя тока, собранного на полупроводниковом триоде П2Б, где происходит усиление сигнала в 20—25 раз. Конденсатор C_2 служит для отвода высокочастотных составляющих протектированного тока от входной цепи полупроводникового триода.

В коллекторную цепь триода включается обмотка чувствительного реле P_1 , которое должно срабатывать при перепаде тока в его обмотке в 0,5 *ма*. Переменное сопротивление R_1 служит для установки начального тока в цепи обмотки, который должен быть около 0,3—0,5 *ма* (в зависимости от типа и регулировки реле). В качестве чувствительного реле используется поляризованное реле, описанное на стр. 72.

Конструкция приемника достаточно проста (см. рис. 26).

Катушка L_2 имеет 6 витков, намотанных без каркаса. Диаметр витка катушки 15 *мм*, шаг намотки 3 *мм*.

Катушка L_1 , расположенная в середине катушки L_2 , имеет 2 витка. Диаметр витков этой катушки 10 *мм*, шаг намотки — 3 *мм*.

Антенна приемника делается из двух кусков медного

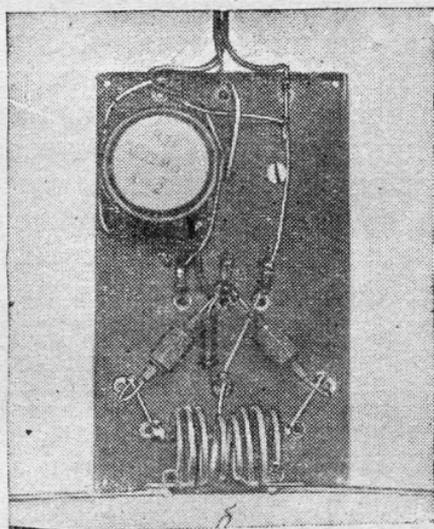
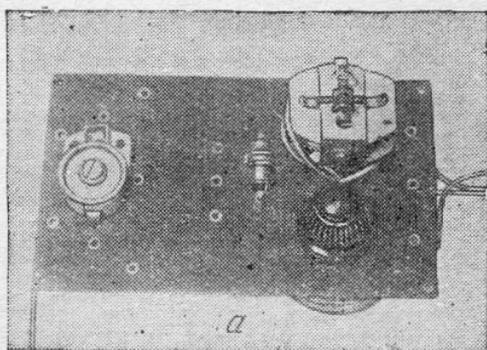


Рис. 26. Детекторный приемник (общий вид — а и вид со стороны монтажа — б)

голового провода (желательно посеребренного) диаметром 1,2 мм. Катушки L_1 и L_2 наматываются тем же проводом, из которого изготавливается антенна.

Питание приемника осуществляется от одной батарейки для карманного фонаря.

ЛАМПОВЫЕ ПРИЕМНИКИ

Ламповые приемники прямого усиления из-за низкой чувствительности в диапазоне УКВ нашли свое применение только в измерительной аппаратуре (см. стр. 109).

Регенеративные приемники прямого усиления для радиоуправления моделями в диапазоне метровых волн также не применяются. Это объясняется тем, что регенеративные приемники в режиме наибольшей чувствительности, т. е. вблизи порога генерации, работают крайне неустойчиво. Незначительные изменения питающих напряжений, изменение настройки контура или параметров деталей схемы нарушают режим регенерации. В приемнике возникают собственные колебания, в результате чего резко падает чувствительность. Кроме того, регенеративный приемник имеет очень высокую избирательность, что накладывает жесткие требования на стабильность частоты передатчика, осложняя эксплуатацию аппаратуры в целом.

Указанные недостатки полностью устранены в приемнике, построенном по сверхрегенеративной схеме, что делает их применение в аппаратуре радиоуправления моделей самолетов, кораблей и автомобилей наиболее целесообразным.

СВЕРХРЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ПРИЕМНИКИ

Сверхрегенеративные приемники сравнительно просты в изготовлении, они имеют низкую избирательность, достаточно высокую чувствительность и экономичны по питанию. Так, в одноламповом сверхрегенеративном приемнике может быть получено усиление в миллион раз. Такое высокое усиление достигается за счет того, что приемник работает на пороге генерации, а неизбежно возникающие собственные колебания периодически срываю- тся вспомогательным генератором гашения.

На рис. 27 приведена схема простейшего сверхреге-

неративного приемника. Положительная обратная связь между анодной и сеточной цепями осуществляется при помощи катушки L_3 . Величина обратной связи регулируется положением этой катушки относительно катушки L_2 . В сеточной цепи имеется источник отрицательного смещения E_c , и следовательно с ним включен генератор гашения ГГ.

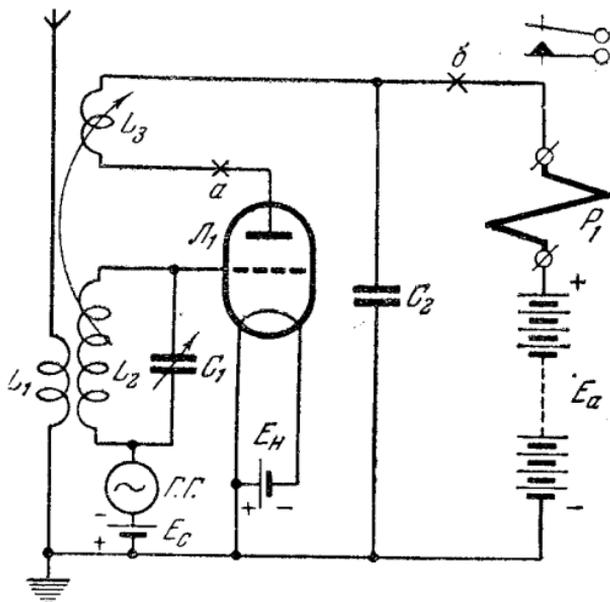


Рис. 27. Принципиальная схема сверхрегенеративного приемника

Приемник должен быть отрегулирован так, чтобы при каждом положительном полупериоде напряжения генератора гашения приемник переводился в режим высокочастотной генерации, а при отрицательном полупериоде лампа L_1 запиралась и генерация гасилась.

Частота генерации определяется в основном параметрами колебательного контура L_2C_1 . Частота вспомогательного генератора (частота гашения) лежит значительно выше звукового диапазона, но ниже высокочастотной генерации, и поэтому она не создает помех частотам модуляции.

Ток в анодной цепи лампы L_1 (точка a) будет иметь вид серий высокочастотных колебаний — импульсов, следующих с частотой гашения. Если принимаемый сигнал отсутствует, эти импульсы в результате детектирования их лампой будут создавать в цепи обмотки реле P_1 некоторый средний анодный ток. При наличии сигнала продолжительность отдельных серий высокочастотных колебаний возрастает в зависимости от амплитуды сигнала (рис. 28). Благодаря этому средний анодный ток изменяется в сторону увеличения в зависимости от величины принимаемого сигнала.

Возникновение в сверхрегенераторе высокочастотных импульсов с частотой повторения, равной частоте гашения, даже при дополнительной положительной обратной связи (при наличии положительного полупериода напряжения гашения) происходит не самопроизвольно, а под действием какого-либо электрического «толчка». А так как электрические «толчки» по своей силе (амплитуде) носят беспорядочный характер, то в результате детектирования таких высокочастотных импульсов с беспорядочной модуляцией в наушниках, включенных в разрыв анодной цепи схемы (точка б), будет прослушиваться звук в виде шороха — суперный шум. Если же на приемник будут воздействовать сигналы от передатчика более сильные, чем начальные электрические «толчки», то суперный шум пропадет.

Для получения большего перепада анодного тока желательно частоту гашения брать как можно большей. Но при этом появляется опасность, что высокочастотные колебания при генерации не будут достигать своего максимального значения за время положительного полупериода напряжения частоты гашения, из-за чего усиление уменьшится. Учитывая последнее, сверхрегенера-

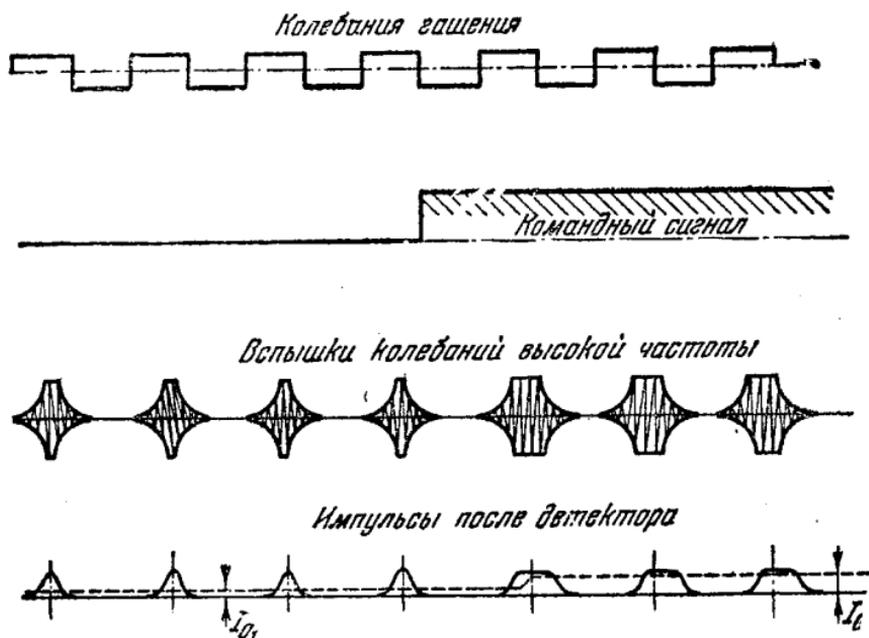


Рис 28. График процессов в сверхрегенеративном каскаде при приеме командного сигнала

тивные приемники, работающие в диапазоне УКВ, имеют наивыгоднейшую частоту гашения, равную 30—60 кГц.

Сверхрегенеративный приемник обладает сравнительно низкой избирательностью, а поэтому особенно пригоден для приема сигналов от простейших передатчиков с самовозбуждением, не имеющих какой-либо стабилизации частоты. Избирательность сверхрегенеративного приемника определяется резонансной характеристикой колебательного контура L_2C_1 (рис. 27). В силу этого она значительно ниже, чем у супергетеродинного приемника.

Ниже рассматривается работа нескольких конкретных схем сверхрегенеративных приемников, используемых моделистами, а также их конструкция и налаживание. Описываются приемники, работающие только на батарейных лампах, так как при этом приемная аппаратура имеет небольшие габариты и малый вес.

ОДНОЛАМПОВЫЕ ПРИЕМНИКИ С САМОГАШЕНИЕМ

Наиболее простым приемником для радиоуправляемых моделей является одноламповый сверхрегенеративный приемник с самогашением, показанный на рис. 29. Схема такого приемника представляет собой УКВ генератор с емкостной обратной связью, где контур L_1C_2 настроен на частоту передатчика.

Напряжение частоты гашения вырабатывается на конденсаторе C_3 и сопротивлении R_1 . При нарастании собственных высокочастотных колебаний в моменты, когда приемник генерирует, сеточный ток лампы L_1 заряжает конденсатор C_3 . В результате этого на сетке лампы появляется отрицательное напряжение смещения, лампа запирается и генерация прекращается (срывается). После срыва генерации процесс заряда конденсатора прекращается и конденсатор начинает разряжаться через сопротивление R_1 .

Через некоторое время напряжение смещения уменьшается настолько, что в результате воздействия на сетку лампы принимаемого сигнала или под воздействием собственного электрического «толчка» приемник вновь начинает генерировать. Таким образом, частота вспышек (импульсов) высокочастотных колебаний определяется

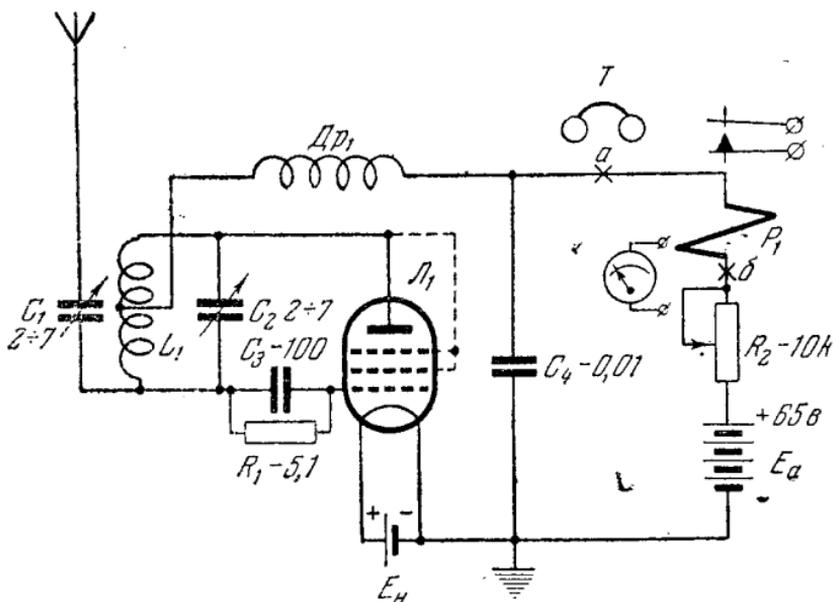


Рис. 29. Схема однолампового сверхрегенеративного приемника с самогашением

величинами емкости C_3 и сопротивления R_1 и, кроме того, конденсатором C_4 .

Чем больше амплитуда принимаемого сигнала, тем сильнее его воздействие на приемник и тем раньше начинается очередная вспышка генерации собственных колебаний. Таким образом, в отличие от приемника с отдельным генератором гашения, в режиме самогашения частота высокочастотных импульсов не остается постоянной, а зависит от силы принимаемого сигнала. При этом продолжительность импульсов и их амплитуда остаются постоянными.

Если приемник не принимает сигналов, то под влиянием беспорядочных электрических «толчков» частота импульсов меняется также беспорядочно. В этом случае в наушниках, включенных в анодную цепь лампы (точка a), будет прослушиваться суперный шум. Наушники следует брать низкоомные, иначе их включение нарушит режим работы лампы по постоянному току. Миллиамперметр, включенный в разрыв цепи между сопротивлением регулировки R_2 и чувствительным реле P_1 (b), должен показывать в этом случае ток 1—2 ма.

При поступлении сигнала на вход приемника частото-

та высокочастотных импульсов увеличивается, что увеличивает среднее отрицательное смещение на сетке лампы, так как конденсатор C_3 от импульса к импульсу успевает разрядиться на меньшую величину. В результате увеличения отрицательного смещения анодный ток лампы падает до значения $0,3—0,5$ ма, что используется для срабатывания реле P_1 , которое регулируется таким образом, что при отсутствии сигнала от передатчика цепь исполнительного реле разомкнута, а при приеме сигнала — замкнута.

Для получения максимальной чувствительности приемника катушка L_1 должна иметь как можно большую индуктивность, а конденсатор C_2 — как можно меньшую емкость. В качестве конденсатора C_2 вполне подходит керамический полупеременный конденсатор типа КПК-1, так как он имеет малую начальную емкость и обеспечивает достаточно плавную настройку приемника на частоту передатчика.

Отвод в катушке L_1 , служащий для подключения дросселя Dr_1 , делается не в середине, а несколько ближе к сеточному концу: наивыгоднейшее положение его находится опытным путем.

Показателем хорошей чувствительности приемника служит наличие сильного суперного шума в наушниках.

Если шум в наушниках не прослушивается, то следует: во-первых, проверить правильность монтажа, после чего, изменяя величину сопротивления R_2 , добиться его появления. Дальнейшее увеличение слышимости шума достигается за счет подбора наивыгоднейшей частоты гашения (путем изменения величины сопротивления R_1 от 1 до 10 $M\Omega$), а также подбором точки подключения к катушке L_1 дросселя Dr_1 .

Такую регулировку приемника лучше делать при отключенной антенне, так как в случае сильной связи антенны с катушкой контура приемника свэрхрегенерация будет срывать.

Связь антенны с контуром желательно делать емкостную, так как при этом проще добиться оптимальной связи, при которой чувствительность приемника максимальна. Связь в этом случае подбирается за счет изменения емкости конденсатора C_1 , что конструктивно значительно проще, чем подбор индуктивной связи.

Конденсатор C_4 шунтирует высокочастотное импульс-

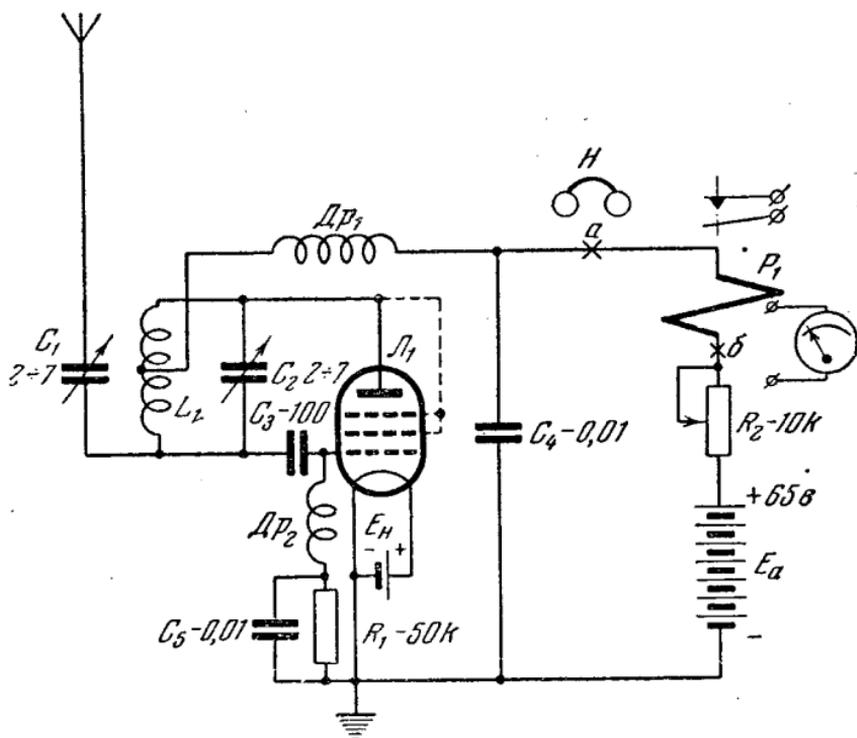


Рис. 30. Подключение гасящей RC цепочки к «земляному» проводу

ное напряжение, чем достигается более стабильный режим сверхрегенерации.

Дроссель Dr_1 служит для того, чтобы не пропускать напряжение высокочастотных колебаний в цепь реле, что компенсирует возможную неточность в определении точки отвода катушки L_1 . Дроссель имеет 50—70 витков провода ПЭЛ 0,15, намотанных прогрессивно на сопротивлении типа ВС, величиной не менее 0,5 Мом. Допустимая мощность рассеивания сопротивления 0,5 вт.

Переменное сопротивление R_2 служит для подбора режима работы лампы по постоянному току.

Катушка L_1 имеет 15—17 витков медного провода (желательно посеребренного) диаметром 0,8—1 мм. Диаметр витка катушки — 15 мм, шаг намотки — 1,5 мм.

На рис. 30 приведен несколько измененный вариант схемы с самогашением. Разница состоит в основном в

том, что гасящая цепочка из конденсатора C_5 и сопротивления R_1 присоединена здесь не между сеточным концом колебательного контура и сеткой лампы, а между сеткой и «землей».

За счет этого облегчается получение наивыгоднейшего значения частоты гашения. Дроссель Dr_2 не дает возможности сеточным высокочастотным колебаниям через конденсатор C_5 замкнуться на «землю».

Наивыгоднейшее значение частоты гашения подбирается путем изменения величины сопротивления R_1 в пределах от 25 ком до 100 ком. Режим работы лампы по постоянному току подбирается изменением величины сопротивления R_2 .

В качестве ламп для схем рис. 29 и 30 используются батарейные тетроды и пентоды типа 2П1П, 2П2П, 2П29П, 2П29Л, 2Ж2М, 2К2М, включенные триодом.

От сверхрегенеративного приемника с самогашением достаточно легко получить необходимую чувствительность в 20—50 мкв, что при мощности передатчика в 2—3 вт обеспечивает радиус действия аппаратуры около 500 м. Однако получить необходимый перепад анодного тока в 0,5—1 ма, чтобы гарантировать надежную работу чувствительного реле, чрезвычайно трудно. Это удастся только подбором из рекомендованных выше типов лампы с наличием в ее баллоне некоторого количества остаточного газа. Из-за наличия остаточного газа перепад анодного тока в «газовом» триоде получается значительно больше, чем в обычной лампе с хорошим вакуумом. Подобрать же лампу с вполне определенным количеством остаточного газа не всегда удается, так как такие лампы не выпускаются нашей промышленностью, а случайно попадают среди старых. Но в этом случае задача полностью не решается, так как содержание газа в лампе при ее эксплуатации не остается постоянным, а как-то изменяется, в результате чего лампа теряет нужные нам качества. Замена лампы новой выводит аппаратуру из строя, так как количество газа в новой лампе не поддается контролю, и трудно подобрать нужную лампу.

Трудности в подборе подходящей лампы ограничили применение рассмотренных схем в аппаратуре радиоуправления моделями.

ОДНОЛАМПОВЫЕ ПРИЕМНИКИ С ГЕНЕРАТОРОМ ГАШЕНИЯ

Для устранения трудностей подбора нужных ламп в одноламповом сверхрегенеративном приемнике с самогашением разработана схема приемника с отдельным генератором гашения (рис. 31).

Предлагаемый одноламповый сверхрегенеративный приемник надежно работает на батарейных тетродах (в триодном включении) типа 2П1П, 2П2П, 2П29Л, 2П29П, не требующих специального подбора. В схеме обеспечивается перепад анодного тока в цепи чувствительного реле 0,5—1 *ма* при входном сигнале 20—50 *мкв*.

Рассматриваемая схема во многом схожа со схемой на рис. 29. Схема представляет УКВ генератор с емкостной обратной связью, где контур L_1C_2 настроен на частоту передатчика.

Разница состоит в основном в том, что в разрыв между сеточным концом контура L_1C_2 и конденсатором C_3 включен колебательный контур L_2C_4 , настроенный на частоту гашения (30—60 *кГц*). В разрыв анодной цепи между дросселем Dr_1 и конденсатором C_5 включена катушка обратной связи L_3 , индуктивно связанная с катушкой контура гашения L_2 .

При правильном включении концов катушки L_3 схема генерирует с частотой гашения. И в то же время в моменты, когда на сетке лампы будет присутствовать напряжение гашения с положительным полупериодом, схема будет генерировать высокочастотные колебания. Период высокочастотных колебаний в основном будет определяться параметрами контура L_1C_2 и должен быть равен периоду колебаний передатчика. В отрицательные полупериоды напряжения гашения высокочастотные колебания срываются.

Кроме вышеперечисленных задач, лампа L_1 работает в качестве детектора, для чего имеется сопротивление утечки R_1 и конденсатор C_3 .

Нужный режим работы лампы по постоянному току устанавливается путем изменения величины сопротивления R_2 , а также подбором величины сопротивления R_1 , которое должно быть выбрано таким, чтобы за счет сеточного детектирования колебаний гашения на нем падало напряжение, при котором возможно в положительные полупериоды напряжения гашения генерирова-

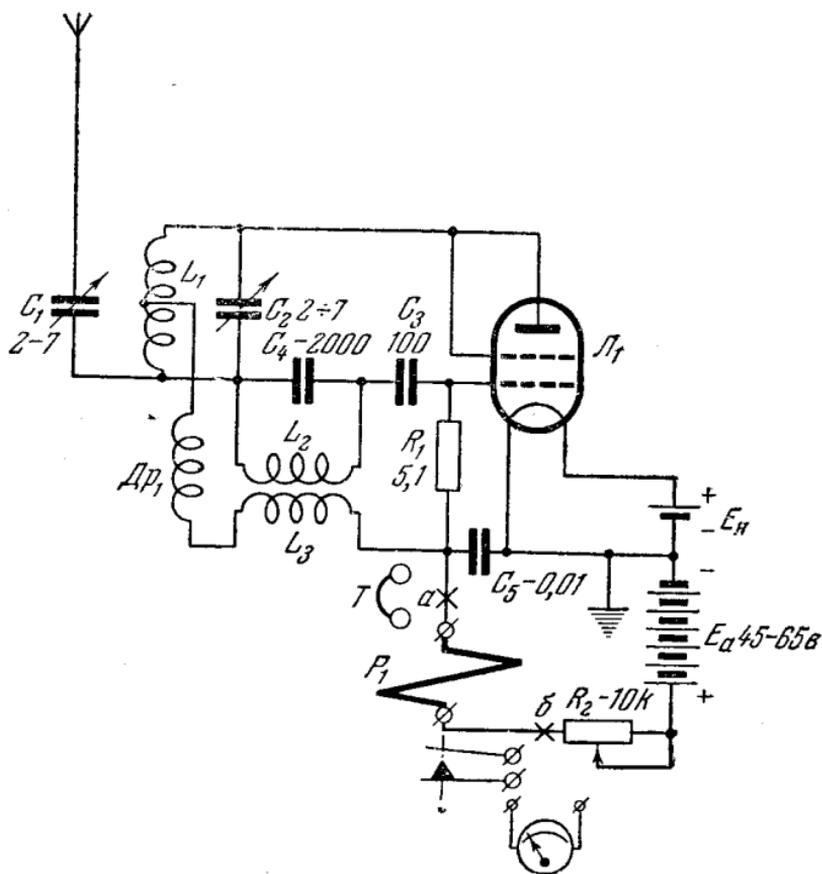


Рис. 31. Схема однолампового приемника с генератором гашения

ние высокочастотных колебаний, а в отрицательные полупериоды генерация должна срываться. При слишком большой величине сопротивления R_1 смещение на сетке лампы, полученное за счет детектирования напряжения гашения, будет так велико, что даже в положительные полупериоды высокочастотные колебания возбуждаться не будут. Прием командного сигнала при этом режиме станет невозможным. При слишком малой величине утечки R_1 смещение на сетке лампы будет мало, в результате чего нарушится наивыгоднейшее соотношение между продолжительностью вспышек высокочастотной генерации и их паузами. В этом случае прием сигналов также станет невозможным.

Режим работы лампы по постоянному току сильно зависит от амплитуды напряжения гашения, которая, в свою очередь, зависит от величины связи между катуш-

ками L_2L_3 . Поэтому, чтобы иметь возможность добиться при настройке приемника хорошей чувствительности, рекомендуется связь катушки L_2L_3 делать переменной. При этом величина сопротивления утечки устанавливается постоянной 3—5 $M\Omega$, а приемник настраивается путем изменения связи катушек L_2L_3 при одновременном изменении величины сопротивления R_2 .

Показателем хорошей чувствительности приемника служит наличие сильного шума в наушниках, включенных в разрыв анодной цепи (точка a). Если вместо шума будет прослушиваться свист, то, следовательно, напряжение смещения на сетке лампы велико и приемник в положительные полупериоды напряжения гашения не генерирует высокочастотных колебаний. При этом следует уменьшить величину индуктивной связи катушек L_2L_3 .

В хорошо настроенном приемнике при выключенном передатчике миллиамперметр, включенный в анодную цепь (точка b), должен показать ток 1,5—2 ma . При приеме немодулированного сигнала от передатчика в радиусе действия около 500 m анодный ток упадет до 0,8—1 ma . Перепад анодного тока в 0,7—1 ma вполне достаточен для надежного срабатывания чувствительного реле P_1 .

На рис. 32 дан несколько измененный вариант только что рассмотренной схемы однолампового сверхрегенеративного приемника с генератором гашения. Разница состоит лишь в способе включения контура гашения и сопротивления утечки сетки. Что касается принципа работы, последовательности настройки, а также электрических данных, то они полностью соответствуют данным схемы рис. 31.

Данные катушек схем рис. 31 и 32 см. в главе VIII.

Несмотря на то, что схемы рис. 31 и 32 обладают достаточной чувствительностью и при приеме сигнала обеспечивают необходимый перепад анодного тока, они слишком сложны в налаживании и капризны в эксплуатации. Последнее объясняется тем, что лампа приемника выполняет одновременно слишком много функций, а именно: генератора частоты гашения, генератора высокочастотных колебаний, сеточного детектора и усилителя тока.

Чтобы сделать приемник более надежным в работе

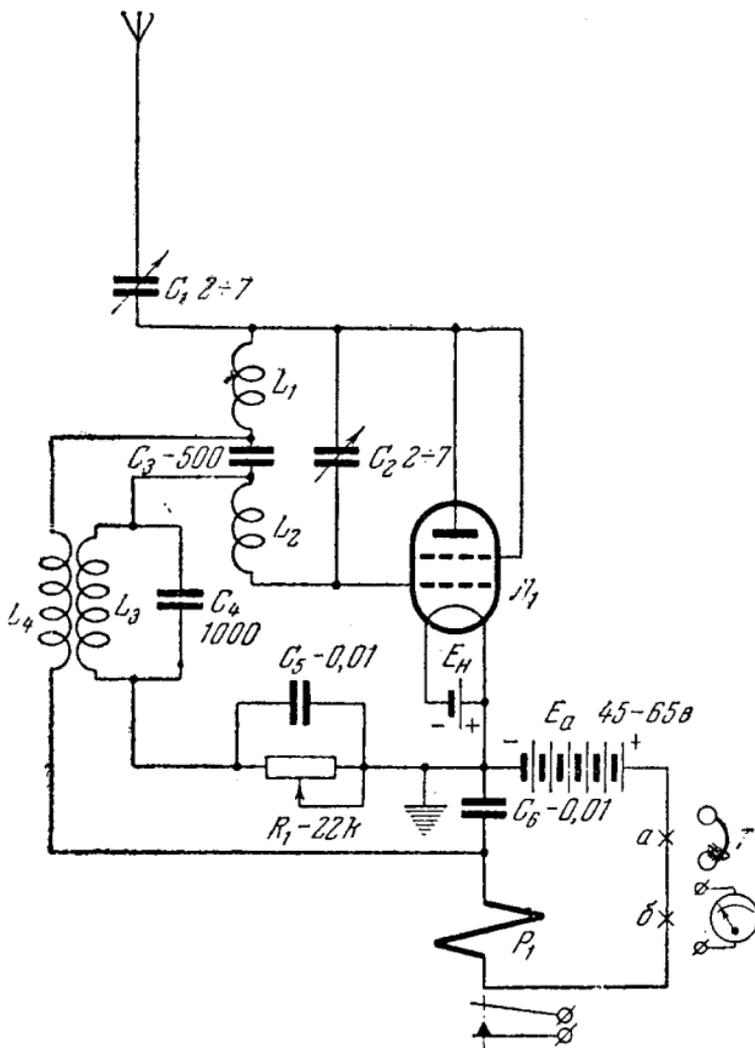


Рис. 32. Схема сверхрегенеративного приемника с генератором гашения, включенным в разрыв катушки колебательного контура

и простым в настройке, необходимо облегчить режим работы лампы L_1 , т. е. перейти к многоламповой схеме.

МНОГОЛАМПОВЫЕ ПРИЕМНИКИ

На рис. 33 приведена схема двухлампового приемника.

Первая лампа работает в режиме усилителя напряжения по сверхрегенеративной схеме с генератором гашения аналогично схеме рис. 32. Схема первого каскада выбирается требованием максимально возможного

усиления, которое можно получить от одной лампы.

Вторая лампа работает в качестве усилителя тока в режиме сеточного детектора. Усиленный первым каскадом сигнал с сетки первой лампы L_1 через конденсатор C_7 подается на сетку лампы L_2 . При отсутствии принимаемого сигнала на вторую лампу поступают высокочастотные всплески колебаний, которые детектируются сеточной цепью лампы L_2 , создавая отрицательное напряжение на сетке лампы L_2 в 0,5—0,8 в. При таком смещении анодный ток лампы равен 1,5—2 ма.

При приеме немодулированного сигнала длительность высокочастотных всплесков увеличивается, что изменяет напряжение смещения на сетке лампы L_2 до 3—4 в. В результате этого вторая лампа запирается, создавая перепад анодного тока в цепи чувствительного реле в 1—1,5 ма. При таком перепаде анодного тока чувствительное реле надежно срабатывает, включая цепь силового реле.

Величина сопротивления R_3 и конденсатора C_8 определяет при заданном анодном напряжении начальный анодный ток второй лампы. Если начальный анодный ток меньше 1,5 ма, то следует уменьшить величину со-

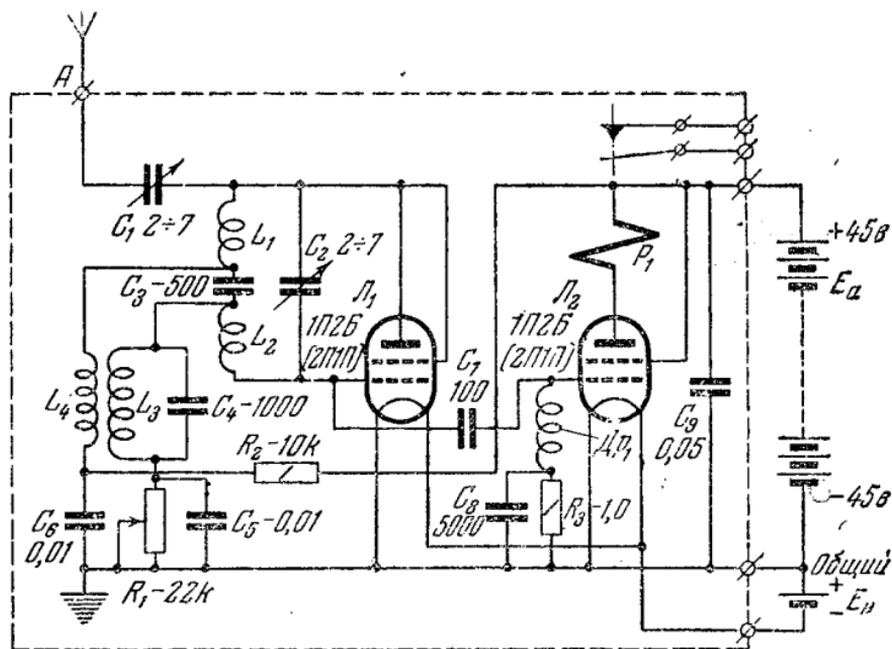


Рис. 33. Схема двухлампового приемника с услителем тока

противления R_3 или подсоединить его не к земляному зажиму, а к цепи $+45$ в. Чрезмерное уменьшение величины сопротивления R_3 не желательно, так как это приведет к тому, что создаваемое за счет принимаемого сигнала отрицательное напряжение на управляющей сетке второй лампы будет не достаточным и лампа не будет запирается, перепад анодного тока уменьшится.

Дроссель Dr_1 служит для того, чтобы вспышки высокочастотных колебаний не шунтировались конденсатором C_3 на землю. Конденсатор C_6 блокирует анодную цепь лампы L_1 по частоте гашения.

Описанный приемник все же еще достаточно сложен при настройке и эксплуатации. Большим его недостатком является необходимость частой подстройки режима работы, что требует установки подстроечного переменного сопротивления R_1 . Кроме того, он не пригоден для приема модулированного сигнала, что не дает возможности применять такой приемник в многоканальной аппаратуре.

Недостатки двухлампового приемника полностью устраняются в трехламповом приемнике путем включения между лампой сверхрегенеративного каскада и выходной лампой каскада усиления звуковой частоты.

На рис. 34 приведена схема приемника для одноканальной аппаратуры, рассчитанная для приема модулированного сигнала с частотой модуляции 50—500 гц.

Приемник работает следующим образом. Модулированный звуковым тоном сигнал передатчика принимается антенной приемника и поступает на управляющую сетку первой лампы, работающую в сверхрегенеративном режиме с самогашением. Сигнал ею усиливается и одновременно детектируется, так что с выхода лампы L_1 на второй каскад поступает напряжение звуковой частоты.

Между первым и вторым каскадами приемника помещен фильтр, состоящий из конденсатора C_6 и сопротивления R_2 . Он служит для фильтрации звуковой частоты от частоты гашения, которая до фильтра в несколько раз превышает по амплитуде напряжение звуковой частоты. Если не ставить фильтра, то напряжение частоты гашения перегрузит последний каскад.

Вторая лампа служит для усиления напряжения звуковой частоты до значения 1—3 в.

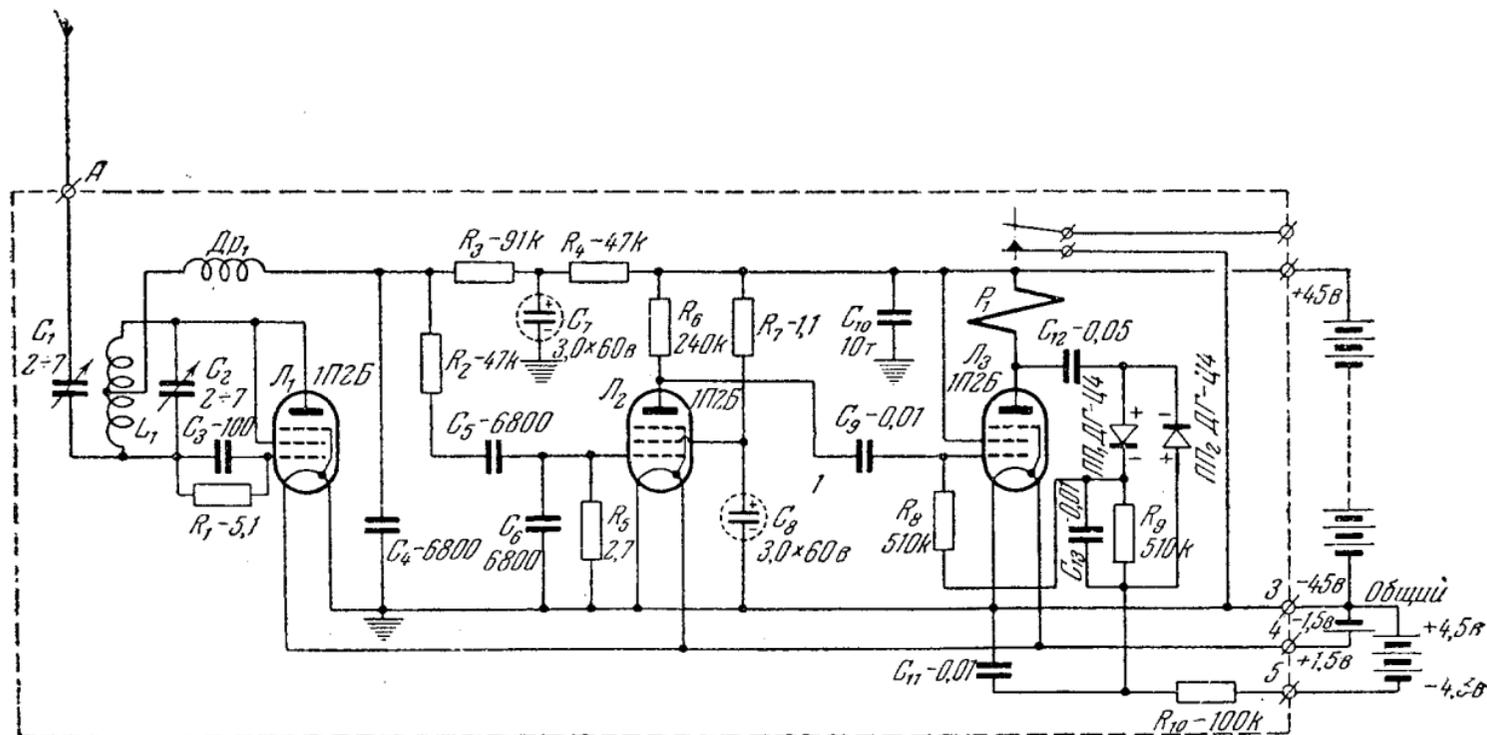


Рис. 34. Схема трехлампового одноканального приемника

Третья лампа работает в релейном режиме, т. е. при отсутствии на ее сетке полезного сигнала она заперта, а при наличии—полностью открыта или наоборот. Такой режим работы лампы обеспечивает наибольший перепад анодного тока, т. е. надежную работу чувствительного реле, включенного в ее анодную цепь. Приведенная схема выходного каскада, работающего в релейном режиме, является наилучшей.

Рассмотренная принципиальная схема трехлампового приемника имеет чувствительность 5—20 мкв, что при мощности передатчика 2—3 вт обеспечивает радиус действия аппаратуры в 1—1,5 км.

Общий расход энергии по питанию, несмотря на то, что приемник имеет три лампы, не возрос, так как в схеме используются экономичные лампы 1П2Б от слуховых аппаратов.

Приемник легко настраивается с помощью наушников и миллиамперметра и совершенно не чувствителен к изменению питающих напряжений как по цепи накала, так и по цепи анода.

При налаживании приемника трудно получить хорошую фильтрацию напряжения частоты гашения. Если фильтрация цепочкой $R_2 C_6$ окажется недостаточной, то следует увеличить величину сопротивления R_3 , что увеличит отношение напряжения протектированного сигнала к напряжению частоты гашения. Если этого окажется недостаточным, то шунтируется нагрузка второй лампы конденсатором емкостью 1000—5000 пф.

В случае хорошей фильтрации в телефонах, включенных параллельно обмотке чувствительного реле, прослушивается сильный шорох—суперный шум. При плохой фильтрации, кроме суперного шума, прослушивается резкий свист, что недопустимо, так как при этом приемник обладает низкой чувствительностью и, кроме того, нельзя добиться от выходного каскада необходимого перепада тока в 1—1,5 ма.

ПРИЕМНИКИ МНОГОКАНАЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

В многоканальной аппаратуре управления моделями передатчик работает на постоянной частоте, а команды подаются за счет амплитудной модуляции его основной частоты (несущей) различными звуковыми частото-

тами. Каждой команде соответствует определенная звуковая частота. Если необходимо одновременно передавать две команды, то передатчик сразу модулируется двумя частотами, но при этом коэффициент модуляции от каждой звуковой частоты должен быть соответственно уменьшен, иначе аппаратура будет давать ложное срабатывание.

Командный сигнал передатчика, промодулированный звуковой частотой (или звуковыми частотами) принимается приемником, где сигнал усиливается, выделяется звуковая частота, усиливается до нужного напряжения 5—10 в и подается на декодирующее устройство частотно-селективного типа.

В качестве частотного декодирующего устройства для моделей кораблей, самолетов и автомобилей наиболее подходящим является резонансное реле, работающее в диапазоне 200—500 гц при напряжении на обмотке 5—10 в.

Якорь резонансного реле имеет язычки с различными резонансными частотами собственных механических колебаний. Количество язычков равно числу каналов управления.

При приеме модулированного сигнала передатчика начинает вибрировать один из язычков, резонансная частота которого совпадает с частотой модуляции передатчика. При вибрации язычок периодически замыкает контакт в цепи промежуточного реле, что приводит к срабатыванию промежуточного реле и включению соответствующего исполнительного механизма, который служит для приведения в действие органов управления моделью.

На рис. 35 дана принципиальная схема трехлампового приемника многоканальной аппаратуры. Эта схема имеет много общего со схемой рис. 34. Отличие состоит в способе включения лампы выходного каскада.

Первый каскад приемника собран по сверхрегенеративной схеме на лампе L_1 . Его задачей является усиление высокочастотного сигнала, принимаемого антенной приемника, выделение из него полезного сигнала звуковой частоты с последующим усилением. Дальнейшее усиление напряжения звуковой частоты осуществляется каскадом на лампе L_2 , собранном по обычной схеме усилителя низкой частоты. Усиленное этим

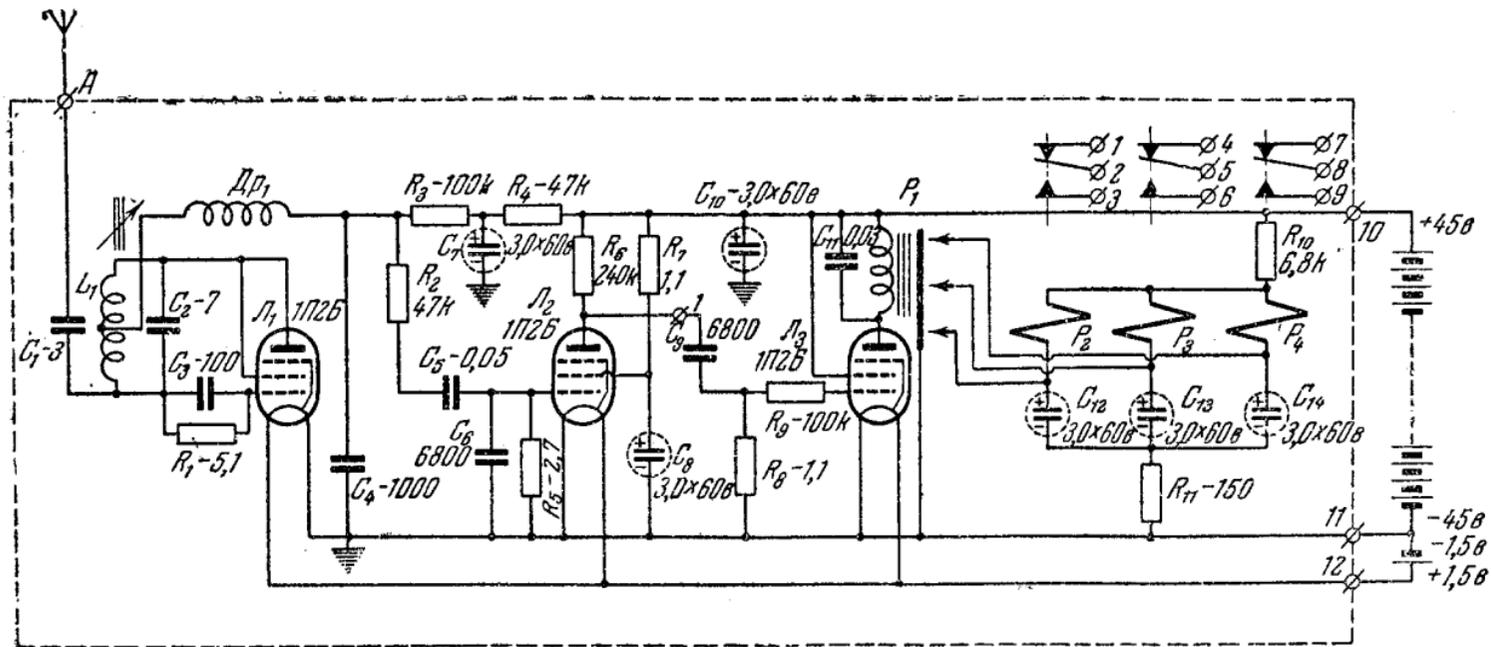


Рис. 35. Схема трехлампового приемника многоканальной аппаратуры

каскадом напряжение поступает на усилитель мощности (лампа L_3), анодной нагрузкой которого является обмотка резонансного реле P_1 . Якорь резонансного реле может иметь от 2 до 8 язычков.

Задачей последней лампы L_3 является подача на обмотку резонансного реле как можно большего напряжения в диапазоне частот 200—500 гц.

Поскольку чувствительность язычков неодинакова по частоте, т. е. для вибрации язычка, имеющего собственную частоту 200 гц, требуется меньшее напряжение, чем для вибрации язычка с частотой 500 гц, то для выравнивания частотной характеристики резонансного реле параллельно его катушке ставится конденсатор C_{11} . При правильно подобранной величине емкости C_{11} для нормальной вибрации всех язычков будет требоваться одно и то же входное напряжение, поступающее на лампу L_3 .

Сопротивление R_9 исключает перегрузку оконечной лампы по сеточной цепи. Перегрузка может возникнуть при слишком большом командном сигнале, когда модель располагается вблизи передатчика. Величина сопротивления берется в пределах 50—200 ком. При этом несколько снижается коэффициент усиления последнего каскада.

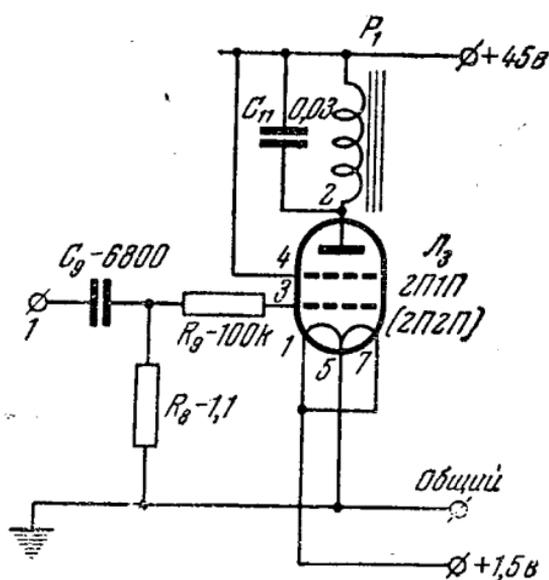


Рис. 36. Схема выходного каскада на лампе типа 2П1П

Если напряжение, снимаемое с лампы L_3 , недостаточно для надежной работы резонансного реле, то параллельно ей следует установить вторую однотильную лампу.

На рис. 36 дана схема выходного каскада, собранного на лампе 2П1П. Эта лампа обеспечивает более надежную работу резонансного реле, но ее установка часто яв-

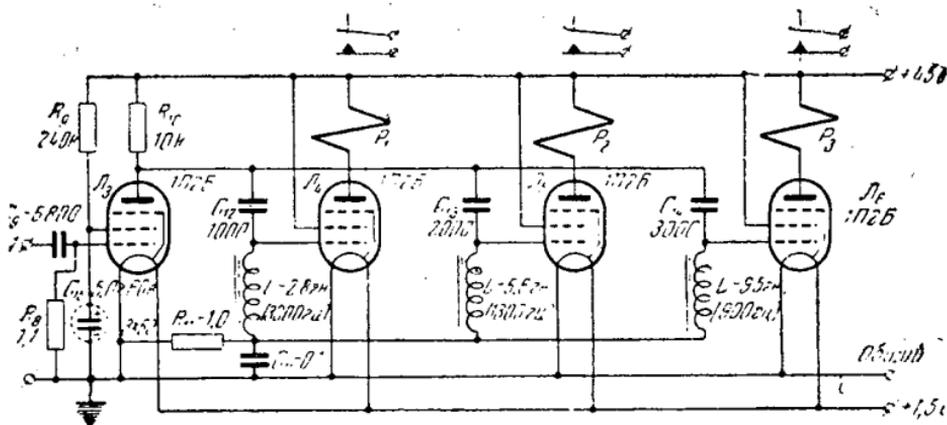


Рис. 37. Схема частотно-декодирующего устройства на резонансных контурах LC

ляется нежелательной, так как усложняется конструкция приемника и увеличивается расход энергии по питанию. Лампа 2П1П может быть заменена более экономичной лампой 2П2П.

Если в качестве частотного декодирующего устройства используются фильтры LC, то схема выходного каскада будет иметь вид, показанный на рис. 37. Общее сопротивление утечки R_{11} в сеточной цепи ламп L_4 , L_5 , L_6 исключает ложное срабатывание декодирующего устройства. За счет сеточного тока одной из ламп, резонансный контур которой настроен на частоту модуляции принимаемого сигнала, на сопротивлении R_{11} создается отрицательное падение напряжения, запирающее две остальные лампы.

При изготовлении катушек индуктивности L следует использовать карбонильные сердечники броневое типа или какие-либо другие сердечники, повышающие добротность катушек.

ПРИЕМНАЯ АНТЕННА

В приемной антенне наводится переменная электро-движущая сила с частотой сигналов передатчика, которая в виде напряжения подается на вход приемника.

Антенна по конструкции должна быть такой и так связана (согласована) с приемником, чтобы обеспечивалась максимальная передача высокочастотной энер-

гии из пространства в контур сверхрегенеративного каскада.

Для всех рассмотренных типов приемников может быть рекомендована одна и та же конструкция антенны.

Антенна изготавливается из куска медного гибкого провода (желательно многожильного) длиной в 50—200 см. Провод может быть как изолированным, так и голым. Диаметр провода 0,5—1 мм.

Связь антенны с контуром выполняется емкостной (рис. 38,а) или индуктивной (рис. 38,б), постоянной или переменной.

При емкостной связи антенный провод присоединяется к сеточному концу высокочастотного контура приемника через конденсатор емкостью 2—5 пф. Согласование антенны с приемником в этом случае достигается за счет изменения длины антенного провода. Если длина антенны определяется конструкцией модели, то конденсатор связи должен быть переменным. Индуктивная связь делается, как правило, постоянной, так как переменная индуктивная связь сложна в изготовлении.

Поскольку чувствительность приемника во многом зависит от того, насколько хорошо подобрана (согласована) антенна, то на это следует обратить особое внимание. Так, например, при очень сильной емкостной связи (C_1 больше 10 пф) сверхрегенеративный режим

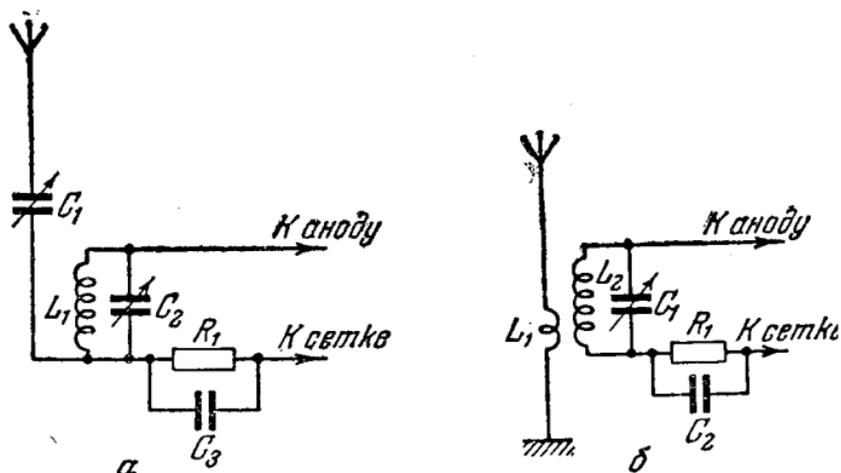


Рис. 38. Примеры связи антенны с контурной катушкой приемника:

а — емкостная; б — индуктивная

в приемнике нарушается и чувствительность приемника падает.

Как уже было сказано, первоначальную настройку приемника следует производить при отключенной антенне. После того как приемник настроен без антенны, о чем можно судить по сильному шуму в наушниках, подключается антенна. Длина антенного провода при этом берется около 3 м. При подключении такой длины антенны свержегенерация в первом каскаде приемника срывается и шум в наушниках пропадает. Далее следует укорачивать длину антенного провода до тех пор, пока не появится шум в наушниках (возникает свержегенерация). Однако при прикосновении рукой к оголенному концу антенны шум в наушниках прекращается. Это говорит о недостаточной согласованности антенны. Необходимо продолжать укорачивать длину антенного провода до тех пор, пока прикосновение руки не будет оказывать влияние на работу свержегенератора. При еще большем укорочении антенны прикосновение руки вновь будет вызывать прекращение шума в наушниках. Следовательно, согласование антенны с высокочастотным контуром приемника сводится к нахождению такой длины антенного провода (при постоянной величине емкости связи), при которой прикосновение руки к оголенному концу антенны не влияет на интенсивность шума в наушниках.

Если длина антенного провода согласованной антенны получилась слишком большой, то следует увеличить емкость конденсатора C_1 и вновь произвести согласование.

Рекомендуется длину антенны брать настолько большой, насколько позволяет конструкция модели. Согласование в этом случае достигается изменением величины емкости переменного конденсатора (см. рис. 38,а) в той же последовательности, как было описано выше. При этом укорочение длины антенного провода эквивалентно увеличению емкости конденсатора связи C_1 .

Эффективность антенны зависит не только от ее длины, но и от качества противовеса, роль которого в модели выполняют все металлические конструкции и монтажные провода, соединенные вместе. Для улучшения качества противовеса следует «заземлить» все корпуса металлических деталей, включая двигатель и кор-

пус модели (если он металлический) и монтажные провода к исполнительным механизмам. Роль контакта «земля» на модели выполняет отрицательный полюс анодной батареи. Ни в коем случае не следует антенный провод располагать параллельно проводам противовеса, так как при этом увеличивается емкость антенны относительно противовеса, что ухудшает работу антенны.

После того как антенна и противовес установлены на модели и произведено согласование антенны, нужно еще раз заново настроить приемник.

Глава IV

РЕЛЕ

Реле является механизмом, предназначенным для замыкания или размыкания электрических цепей с помощью электрического тока.

Для работы исполнительных механизмов на модели, как правило, требуется значительно больше энергии, чем энергия усиленного в приемнике командного сигнала. Реле самостоятельно не вырабатывает этой энергии, но оно может легко включать цепи, подающие запасы энергии из электрической батареи, что обеспечивает срабатывание исполнительных механизмов. Так, например, чувствительное реле надежно срабатывает от командного сигнала мощностью в 0,001—0,01 вт, в то время как его контакты могут осуществлять переключение в исполнительных цепях, обладающих мощностью в несколько десятков ватт, т. е. коэффициент усиления или «коэффициент управления» реле достигает 100 000.

Простейший тип реле состоит из электромагнита, якоря и контактов (рис. 39).

Электромагнит преобразует энергию электрического тока, протекающего по его катушке, в магнитную энергию, возникающую в катушке. Магнитная энергия в виде магнитных силовых линий, воздействуя на якорь с противодействующей пружиной, стремится притянуть его к сердечнику. Когда ток в катушке электромагнита превышает определенную величину, магнитная энергия преодолевает противодействие пружины и якорь притя-

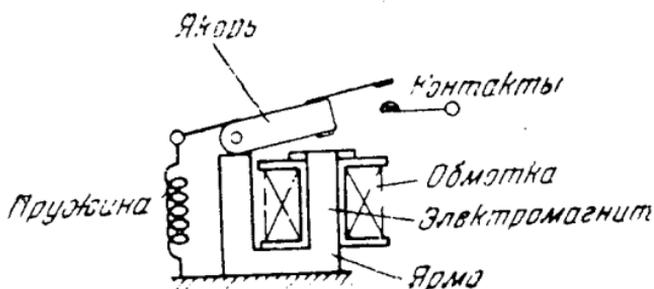


Рис. 39. Устройство электромагнитного реле

гивается к сердечнику, осуществляя замыкание или размыкание контактов.

Контакты являются исполнительным органом реле. Они осуществляют необходимое переключение электрических цепей.

Основным параметром, характеризующим реле, является его чувствительность. Под чувствительностью электрического реле понимается та минимальная электрическая мощность, которая необходима для его срабатывания. Очень часто чувствительность реле характеризуется не мощностью, а током срабатывания, т. е. минимальной величиной тока, необходимого для срабатывания реле. Значение тока, при котором происходит размыкание контактов (якорь реле возвращается в исходное положение), называется током отпущания.

Чувствительность реле прежде всего зависит от конструкции, а также от материала, из которого изготовлен сердечник и якорь реле. Так, например, для увеличения чувствительности реле на конец его сердечника рекомендуется надевать полюсной наконечник. Диаметр полюсного наконечника должен быть в 1,7—2 раза больше диаметра сердечника. Дальнейшее увеличение диаметра полюсного наконечника нежелательно, так как при этом замыкание магнитных силовых линий будет происходить через наконечник—ядро, минуя якорь.

При конструировании реле стремятся получить максимально замкнутую магнитную цепь, что обеспечивает наибольший магнитный поток. Все воздушные зазоры, кроме рабочего (зазора между сердечником и якорем), должны быть минимальными, а стыки между ядром, сердечником и якорем плотными. Применение полюсно-

го наконечника дает увеличение полезного магнитного потока в воздушном зазоре между сердечником и якорем почти в два раза.

Так как потери магнитной энергии в железе значительно меньше, чем в воздушном зазоре, то для увеличения чувствительности реле необходимо уменьшать ход якоря. Но при очень малом ходе требуется большая точность изготовления и регулировки реле. Практически ход якоря берется 0,3—1 мм.

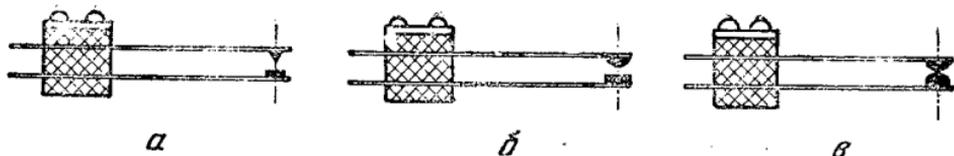
Потери магнитной энергии в магнитопроводе можно уменьшить за счет увеличения сечения сердечника. При этом следует иметь в виду, что сечение ярма, а тем более сечение якоря не должны быть меньше сечения сердечника, иначе увеличение диаметра сердечника не даст желаемых результатов.

Все детали магнитопровода (ярмо, сердечник, якорь) следует делать из мягкого железа типа «армко», пермаллоя и др. Ни в коем случае не следует применять сталь, которая используется для изготовления постоянных магнитов.

Другим параметром, характеризующим работу реле, является его надежность. Надежность реле зависит от совершенства конструкции самого реле и его контактов. Для большей надежности работы ярмо реле и его якорь должны быть выполнены достаточно жесткими, а контактные пружины при работе не должны вибрировать (дребезжать). Надежность работы реле в значительной степени зависит от работы контактов.

В зависимости от того, какую мощность должны подключать контакты, различают контакты малой мощности (до 100 вт) и усиленные (свыше 100 вт). Все реле, применяемые в аппаратуре радиоуправляемых моделей, используют контакты малой мощности — точечные контакты. Преимущество точечных контактов состоит в том, что благодаря большому удельному давлению между контактами обеспечивается надежное замыкание в момент срабатывания реле. Точечные контакты выполняются в виде конуса и плоскости (рис. 40,а), полусферы и плоскости (рис. 40,б) или двух полусфер (рис. 40,в).

В качестве материала для контактов применяется серебро и его сплавы. Контакты припаиваются, приклеиваются или прикрепляются каким-либо другим спо-



Р и с. 40. Формы контактов реле

собом к упругим пластинам. Материалом для пластин служит фосфористая бронза, латунь или листовая сталь.

В работе контактов различают три режима: замкнутое состояние, размыкание и замыкание. При замкнутых контактах их поверхности прижимаются одна к другой с некоторой силой, называемой контактным давлением. Чем больше контактное давление, тем надежнее контакт.

При замыкании, когда расстояние между сближающимися контактами становится очень малым, возникает искра, которая гасится в момент соприкосновения контактов. Если замыкание контактов происходит без вибрации, то возникновение искры не опасно. При вибрации контакты реле после первого соприкосновения вновь размыкаются и образуется электрическая дуга. Вследствие малых расстояний и больших токов разрушающее действие дуги на контакты при замыкании (если они вибрируют) будет значительно больше, чем при размыкании. Вибрация контактов может быть устранена правильным выбором величины контактного давления.

Образование искрового или даже дугового разряда между контактами является результатом выделения электрической энергии, накопленной в индуктивностях цепей управления. Поэтому чем больше индуктивность управляемой цепи, тем хуже условия работы контактов.

Для уменьшения искрового разряда между контактами применяются искрогасящие схемы, состоящие из сопротивления и емкости, включенных параллельно контактам реле (рис. 41). На практике обычно выбирают $C_1 = 0,1 - 1 \text{ мкф}$ и $R_1 = 50 - 100 \text{ ом}$.

Сила, с которой якорь притягивается к сердечнику, зависит от силы тока, проходящего по обмотке электромагнита реле, и количества витков. Так как зависимость пропорциональна произведению этих двух величин, то чувствительность реле часто выражается через

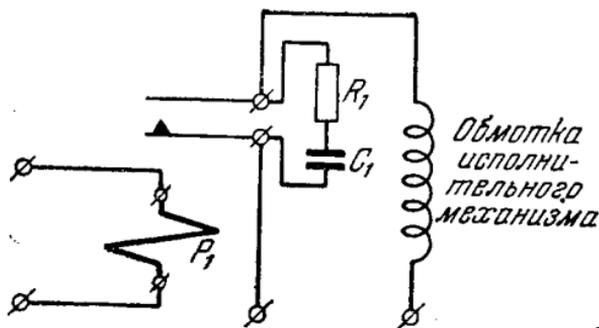


Рис. 41. Схемы искрогашения

произведение тока, протекающего через катушку, на число ее витков, т. е. через ампервитки. Реле, срабатывающее при одних и тех же условиях, но при меньшей величине ампервитков, будет более чувствитель-

ным, чем реле, срабатывающее при больших ампервитках. Поэтому в чувствительных реле для уменьшения тока срабатывания число витков катушки электромагнита нужно делать как можно большим. Для укладки в катушку максимального числа витков намотку следует производить виток к витку.

Все реле, применяемые в аппаратуре радиуправления моделями самолетов, кораблей и автомобилей, делятся на электромагнитные, поляризованные и электронные.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ РЕЛЕ

Электромагнитное реле (см. рис. 39) работает следующим образом. При подключении катушки реле к источнику постоянного или переменного напряжения по виткам обмотки проходит ток, намагничивающий сердечник и создающий силу притяжения якоря к сердечнику. Перемещению якоря к сердечнику препятствует пружина, стремящаяся удержать якорь в исходном положении. Таким образом, на якорь действуют две силы: сила притяжения к сердечнику, величина которой зависит от тока, протекающего по катушке реле, и числа витков в обмотке; второй является сила противодействия, величина которой зависит от натяжения пружины. Реле срабатывает в том случае, если притяжение будет превышать силу противодействия пружины.

Из готовых реле, выпускаемых нашей промышленностью можно рекомендовать малогабаритные реле ти-

па РС-6М и РСМ. Малогабаритные реле типа РС-6М выпускаются двух типов: РС-6М-2 с одной контактной группой на замыкание и одной контактной группой на размыкание и РС-6М-3 с двумя контактными группами на размыкание.

Катушки этих реле намотаны проводом ПЭЛ 0,06 и имеют сопротивление 675—780 ом при числе витков 5200. Ток срабатывания равен около 26 ма. Контакты реле позволяют пропускать ток порядка 0,5—1 а.

Реле состоит из катушки, сердечника, якоря, ярма, основания, контактных пластин, пружины якоря и чехла (рис. 42). Контактная пластина реле имеет два серебряных контакта.

Ход якоря—порядка 0,5 мм, зазор между контактами — 0,3—0,5 мм. Реле имеет размеры 32×30×18 мм и весит 25 г.

Миниатюрное реле типа РСМ (рис. 43) почти не отличается по размерам от реле типа РС-6М, но оно более надежно в работе. Реле типа РСМ изготавливается трех марок: РСМ-1 с двумя контакт-

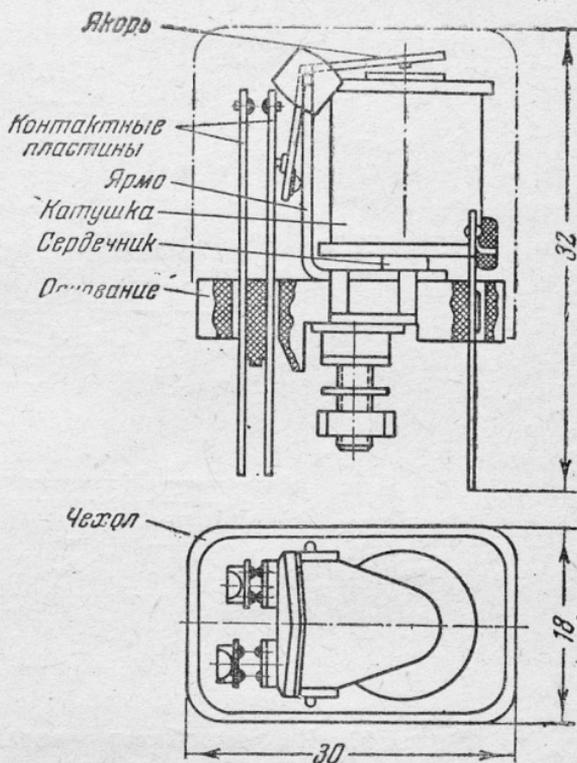


Рис. 42. Чертеж общего вида реле типа РС-6М

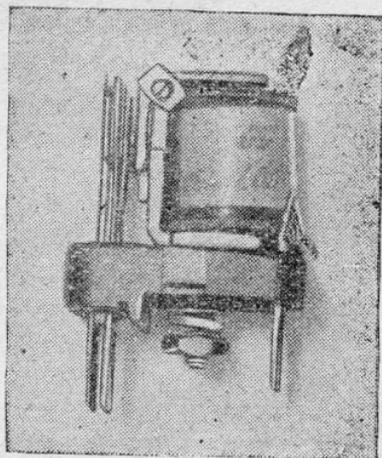


Рис. 43. Электромагнитное реле типа РСМ

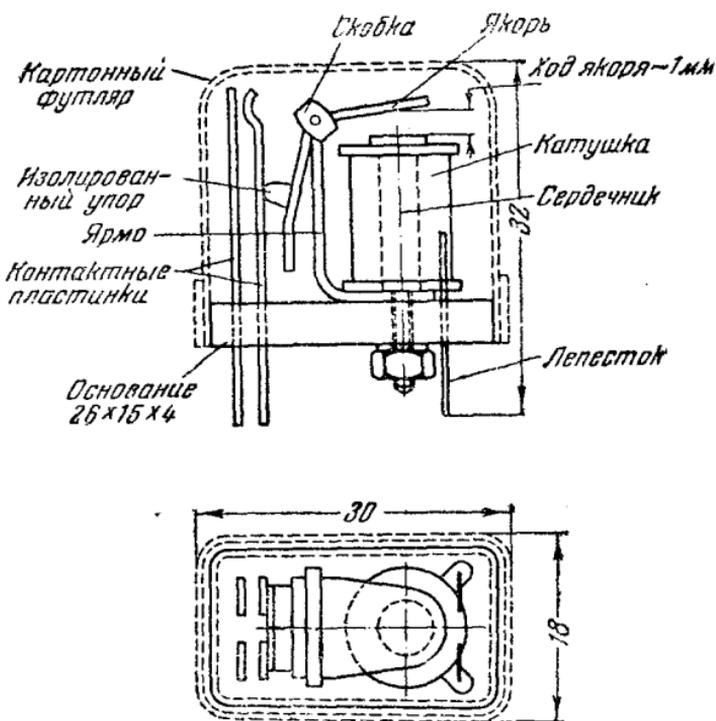


Рис. 44. Чертеж общего вида самодельного электромагнитного реле типа РСМ

ными группами на замыкание, РСМ-2 с одной контактной группой на замыкание и одной на размыкание и РСМ-3 с двумя контактными группами на размыкание. Электрические данные реле РСМ примерно такие же, как и у реле РС-6М.

Реле типа РСМ можно легко изготовить самому. Конструкция самодельного реле достаточно проста (рис. 44). Ярмо реле (рис. 45,а) вырезается из пластинки мягкого, хорошо отожженного железа толщиной 1,0—1,2 мм. Разметив заготовку и высверлив два отверстия, тщательно выпиливают язычки ярма. Эти язычки послужат в дальнейшем при сборке реле в качестве заклепок для крепления скобки (рис. 45,в).

В описываемом самодельном реле нет оттяжной пружины, что значительно упрощает конструкцию и облегчает его изготовление. Контактные пластины удерживают якорь в заданном положении, заменяя таким образом оттяжную пружину. Правда, при такой конструкции крепления якоря регулировка осуществляется

На сердечник надевается катушка электромагнита (рис. 45,з). На катушку наматывается изолированный провод ПЭЛ 0,05—0,08. В зависимости от сечения провода на катушку можно намотать от 5000 до 8000 витков. Намотку следует производить аккуратно, виток к витку.

Якорь реле (рис. 45,д) изготавливается из мягкой стали толщиной 0,5—0,75 мм. Вырезав заготовку и наметив линии сгиба, якорю придается форма уголка согласно чертежу (рис. 45,д, справа). Чтобы якорь реле не прилипал к сердечнику за счет остаточного магнетизма, в конец якоря следует вклепать медный штифтик. После расклепывания штифтик следует опилить напильником так, чтобы высота его со стороны плоскости, притягиваемой к сердечнику электромагнита, была 0,1—0,2 мм. Вместо медного штифтика можно приклеить небольшой кусочек плотной бумаги.

К другому концу якоря клеим БФ-2 приклеивается упор, который служит для замыкания контактных пластин. Когда якорь притянется к сердечнику, этот упор надавит на контактные пластины и заставит их сомкнуться. Этот упор можно выпилить из эбонита, твердого дерева или из любого другого изоляционного материала согласно размерам, показанным на рис. 45,е. Контактные пластины вырезаются из пружинящей латуни или бронзы толщиной 0,3—0,5 мм (рис. 45,ж). Кроме контактных пластин, следует изготовить два лепестка, которые служат для припайки проводов, идущих от катушки реле. Без лепестков провода катушки будут обламываться от многократных перегибов.

Все детали реле крепятся на основании размером $26 \times 15 \times 4$ мм. В качестве материала основания может быть использован эбонит, органическое стекло или другой изоляционный материал. Контактные пластины и лепестки укрепляются в прорезях основания клеим БФ-2.

Описанное самодельное реле особенно хорошо работает в качестве промежуточного реле в многоканальной аппаратуре.

ПОЛЯРИЗОВАННЫЕ РЕЛЕ

Все типы поляризованных реле отличаются высокой чувствительностью и большой скоростью срабатывания.

Чувствительность обычных поляризованных реле составляет 0,001—0,01 *вт*, в то время как минимальная мощность, необходимая для срабатывания наиболее чувствительных электромагнитных реле, равна 0,1 *вт*.

Ток срабатывания поляризованных реле может быть доведен до 0,1—0,3 *ма*. Кроме того, при использовании поляризованного реле в качестве чувствительного реле в приемной аппаратуре важна не только величина тока срабатывания, но и величина тока отпускания. Поляризованное реле может быть отрегулировано так, что ток срабатывания и ток отпускания будут отличаться на 0,1 *ма*.

Поляризованное реле отличается от обычных электромагнитных реле в основном тем, что в магнитную цепь его вводят дополнительный магнитный поток, создаваемый либо постоянным магнитом, либо подмагничивающей обмоткой.

Магнитный поток Φ_y управляющей катушки в одном из зазоров складывается, а в другом вычитается из магнитного потока Φ_0 постоянного магнита (рис. 46). Сила, действующая на якорь, направлена в сторону зазора с большей величиной результирующего магнитного потока. Следовательно, благодаря действию магнитного потока постоянного магнита направление перемещения якоря зависит от направления, проходящего через управляющую катушку тока, т. е. от его полярности.

Если каким-то образом удалось поместить якорь в нейтральное положение при отсутствии управляющего тока, то на него будут действовать равные по величине, но противоположные по направлению силы, так как магнитные потоки, создаваемые постоянным магнитом, в одинаковых зазорах равны. Однако такое состояние равновесия является неустойчивым. Достаточно незначительного смещения якоря от нейтрали, как появится сила, заставляющая якорь дви-

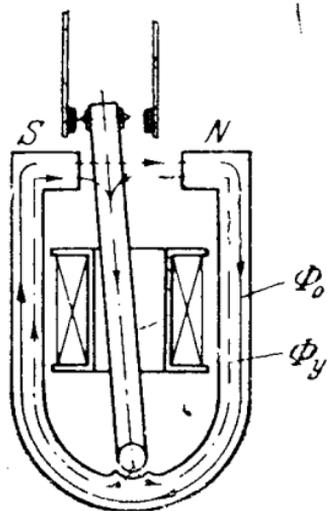


Рис. 46. Принципиальная схема поляризованного реле

гаться в сторону первоначального смещения до упора.

Следовательно, при отсутствии управляющего тока якорь будет находиться в одном из крайних положений и будет удерживаться в этом положении силой притяжения постоянного магнита.

Для переброски якоря из одного крайнего положения в другое необходимо через катушку реле пропустить ток такой полярности, чтобы созданный им магнитный поток складывался с магнитным потоком постоянного магнита на участке с большим зазором и вычитался на участке с меньшим зазором. Когда суммарный магнитный ток на участке с большим зазором превысит поток на участке с меньшим зазором, якорь реле перебросится из первоначального положения в противоположное.

Таким образом, для срабатывания реле необходимо, чтобы сила, создаваемая управляющим током, превышала силу притяжения постоянного магнита. Поэтому после срабатывания реле сила контактного давления, создаваемая суммарным воздействием тока и постоянного магнита, более чем в два раза превышает силу контактного давления, создаваемую одним постоянным магнитом.

Роль постоянного магнита в поляризованном реле подобна роли пружины в обычном электромагнитном реле. Однако возвратная пружина уменьшает контактное давление, а магнитный поток постоянного магнита, складываясь с потоком управляющего тока, увеличивает силу контактного давления.

Возвратная пружина в обычных реле создает силу, противодействующую движению якоря и нарастающую по мере его приближения к сердечнику. Магнитный поток постоянного магнита в поляризованном реле до подхода якоря к нейтральному положению действует на него подобно пружине, но после нейтрального положения сам начинает притягивать якорь с силой, увеличивающейся по мере отклонения якоря от нейтрали. Поэтому поляризованные реле не так сильно реагируют на тряску, что делает их особенно пригодными в качестве чувствительных реле в аппаратуре летающих моделей.

Положение якоря поляризованного реле после выключения управляющего тока зависит от предварительной

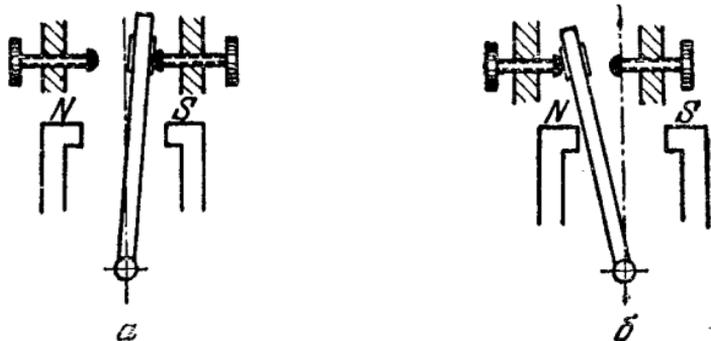


Рис. 47. Настройка поляризованного реле

регулировки контактов реле. Если неподвижные контакты располагаются по обе стороны от нейтральной линии (рис. 47,а), то после прекращения подачи управляющего тока якорь сохранит положение, в которое он был переброшен. Если же контакты расположены по одну сторону от нейтральной линии (рис. 47,б), то после прекращения тока якорь всегда будет притянут к контакту, более удаленному от нейтральной линии.

Уменьшение величины отклонения якоря от нейтрали регулировкой неподвижных контактов приводит к увеличению чувствительности реле, но одновременно и к уменьшению контактного давления, что может привести к вибрации якоря при работающем двигателе модели. Из поляризованных реле, выпускаемых нашей промышленностью, наиболее пригодными для аппаратуры радиоуправляемых моделей являются реле типа РП (рис. 48).

Реле типа РП изготавливается в трех вариантах: РП-4, РП-5 и РП-7. Кроме того, эти реле различаются по сопротивлению управляющей обмотки. При использовании реле типа РП в приемной аппаратуре в качестве чувствительного реле его управляющая обмотка должна иметь сопротивление 4000—8000 ом. Чувствительность таких реле по току равна 0,1—0,2 ма.

На рис. 49 приведены чертежи самодельного поляризованного реле, разработанные в Центральной авиамодельной лаборатории.

Наиболее трудоемкой деталью при изготовлении реле является постоянный магнит. В качестве материала

для него может быть использована высокоуглеродистая сталь, которая после механической обработки закаливается.

Намагничивание изготовленной для постоянного магнита пластинки производится следующим образом. На пластинку по длине наматывается 500—1000 витков медного провода ПЭЛ 0,2—0,25. Намотка производится в несколько рядов. Для облегчения намотки к торцам пластинки временно приклеиваются две картонные щечки. Далее катушка на 1—2 секунды подключается к кисточнику постоянного тока с напряжением 200—300 в, после чего пластинка вынимается из катушки и постоянный магнит готов.

Лабораторией рекомендуется в качестве постоянного магнита (14—2 шт.) использовать магнит от гироманитного компаса, применяемого в авиации, или какой-либо другой готовый постоянный магнит, имеющий подходящие размеры.

При изготовлении реле особое внимание следует обратить на монтаж якоря 4 в скобе 5. Якорь должен свободно отклоняться в обе стороны от нейтрального положения, но и в то же время не иметь люфта. Магнитопровод 2 и якорь 4 следует делать из мягкого, хорошо отожженного железа. Если контактный болт 10 слишком слабо винчивается в стойку 3, то следует поставить контргайку.

Катушка электромагнита наматывается проводом ПЭЛ 0,05 до заполнения. Нужный провод может быть

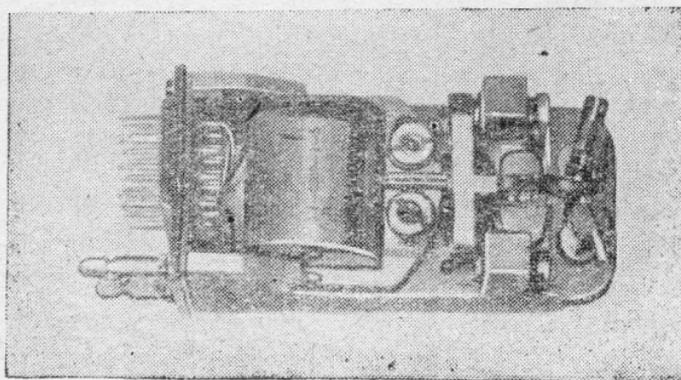


Рис. 48. Поляризованное реле типа РП

взяты из высокоомных катушек от телефонов. На одно реле требуется четыре катушки. Соединение концов проводов следует производить пайкой на канифоле. Выводы катушки производятся латунными лепестками 12, приклепанными дюралевыми заклепками 13 к панели 8. Выходные зажимы 16 и 11 изготавливаются из латуни 0,5. Болт 15 (М 2,3—2 шт.) изготавливается из латуни.

После сборки реле нужно убедиться в том, что скобы магнитопровода электрически не соединены друг с другом и с монтажной пластинкой. Эта проверка производится с помощью омметра.

Общий вид собранного реле приведен на рис. 50.

Регулировку поляризованного реле нужно начинать с установки зазора между скобами магнитопровода. Зазор должен быть не больше 1,2—1,5 мм. Контактные винты устанавливаются по схеме рис. 47,б.

Расстояние между болтами и контактом якоря выбирается 0,2—0,3 мм. Якорь не должен прикасаться к полюсам магнитопровода, иначе он будет залипать за счет остаточного магнетизма.

После предварительной регулировки окончательно реле регулируется с помощью схемы рис. 51. Эта схема дает возможность за счет изменения величины сопротивления R_1 повышать или понижать ток, протекающий через обмотку реле. С помощью мил-

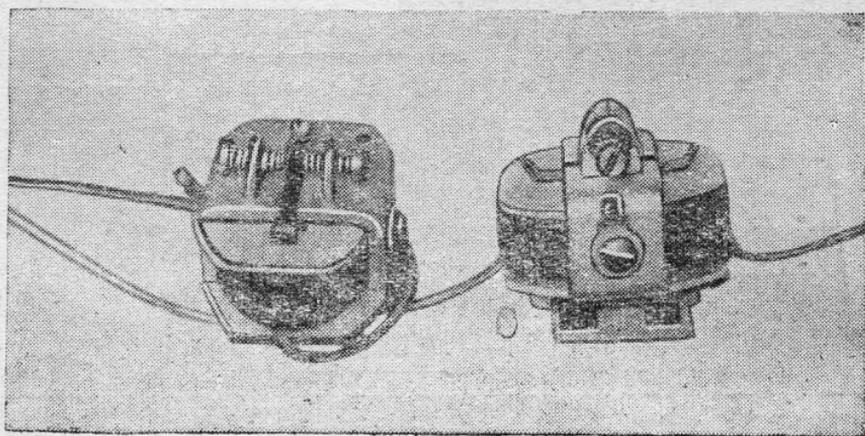


Рис. 50. Общий вид самодельного поляризованного реле

лиамперметра M фиксируется точная величина тока срабатывания и отпускания реле.

При регулировке вначале сопротивлением R_1 устанавливается в цепи реле ток, несколько меньший тока, при котором должно срабатывать чувствительное реле, включенное в анодную цепь

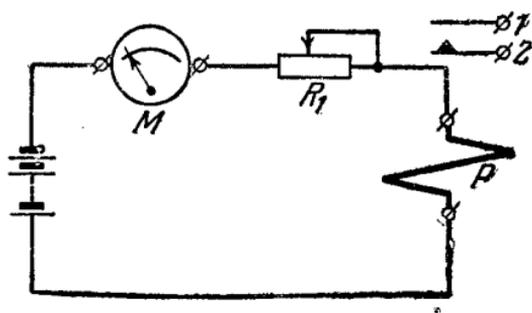


Рис. 51. Схема для регулировки реле

выходной лампы приемника. Если при этом значении тока якорь не перебрасывается на противоположный контакт, то следует вворачивать контактный болт, расположенный дальше от нейтрали, до срабатывания реле.

После регулировки реле на ток срабатывания сопротивлением R_1 устанавливается ток, несколько больший анодного тока выходной лампы при отсутствии командного сигнала. При этом якорь должен переброситься в первоначальное положение. Если этого не произошло, то, ввинчивая контактный болт, отводят якорь дальше от нейтрального положения до тех пор, пока не будет получен желаемый эффект.

В хорошо отрегулированном поляризованном реле ток срабатывания отличается от тока отпускания на $0,1-0,3$ ма.

Регулировка электромагнитного реле на заданный ток срабатывания и отпускания может также производиться при помощи схемы, изображенной на рис. 51. Предварительная регулировка электромагнитного реле сводится к установке нужного воздушного зазора между якорем и сердечником и к подбору натяжения пружины. При большом воздушном зазоре натяжение пружины следует ослабить, а при малом зазоре — увеличить.

При малом зазоре и сильном натяжении пружины реле менее чувствительно к тряске и небольшим изменениям тока, что делает его применение более желательным в аппаратуре радиоуправляемых моделей.

ДЕКОДИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Схема используемого декодирующего устройства зависит от выбора кода, допустимых размеров, веса и источника энергии, имеющегося на модели.

Все декодирующие устройства, применяемые в аппаратуре радиоуправления моделями самолетов, кораблей и автомобилей, могут быть разделены на две группы:

1. Декодирующие устройства импульсно-селективного типа.
2. Декодирующие устройства частотно-селективного типа.

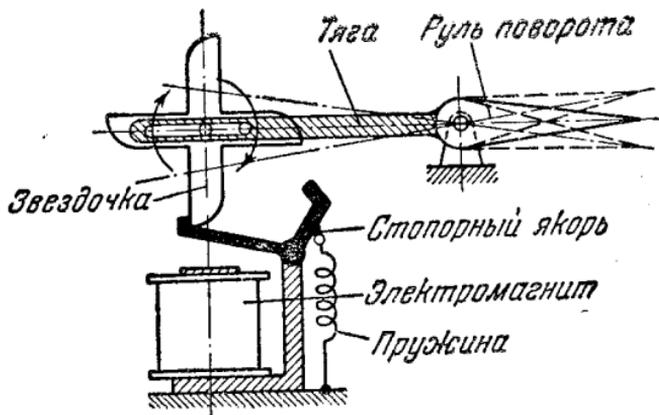
Выше было указано, что командный сигнал может отличаться от другого сигнала количеством заключенных в нем импульсов. Такая форма сигнала называется число-импульсным кодом. Для того чтобы было произведено декодирование, приемник должен иметь устройство, способное правильно просчитать или проконтролировать число поступающих на него импульсов.

Другим способом отличия одного командного сигнала от другого может служить различная длительность передаваемого импульса. Такая форма сигнала называется широтно-импульсным кодом. Для правильного декодирования в этом случае приемник должен иметь устройство, способное различать импульсы по длительности. Перечисленные устройства называются декодирующими устройствами импульсно-селективного типа.

Простейшим примером декодирующего устройства число-импульсного типа, широко распространенного среди моделлистов, является так называемая «вертушка» (рис. 52). «Вертушка» состоит из электромагнита, звездочки, привода для вращения звездочки и стопорного якоря. В качестве привода для вращения звездочки может быть использован жгут резины или пружинный механизм (например, от часов). Один из концов звездочки связан металлической тягой с рулем поворота. Свободное вращение звездочки ограничивается стопорным якорем.

Электромагнитное реле реагирует на каждый командный импульс тока. При каждом его срабатывании

Рис. 52.
Принципиальная
схема «вертушки»



стопорный якорь притягивается к сердечнику электромагнита, от чего звездочка освобождается и начинает вращаться (рис. 53,а). При повороте звездочки на 90° она стопорится верхней защелкой якоря (рис. 53,б). В таком положении звездочка будет находиться все время, пока посылается командный импульс. При окончании командного импульса стопорный якорь за счет натяжения пружины возвращается в свое исходное положение и звездочка поворачивается еще на 90° (рис. 53,в) и т. д.

Работа «вертушки» в качестве декодирующего вст-

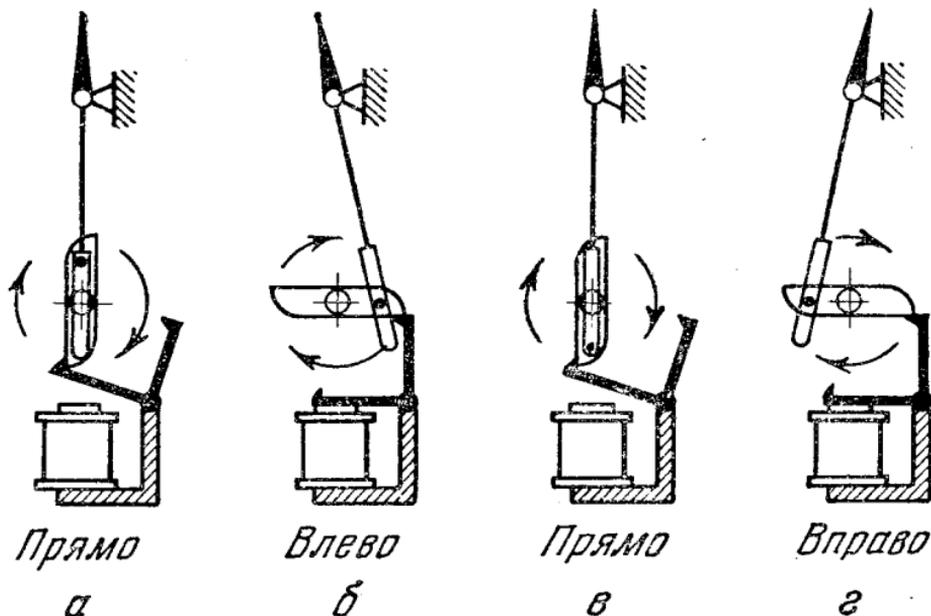


Рис. 53. Работа двухзвенной «вертушки»

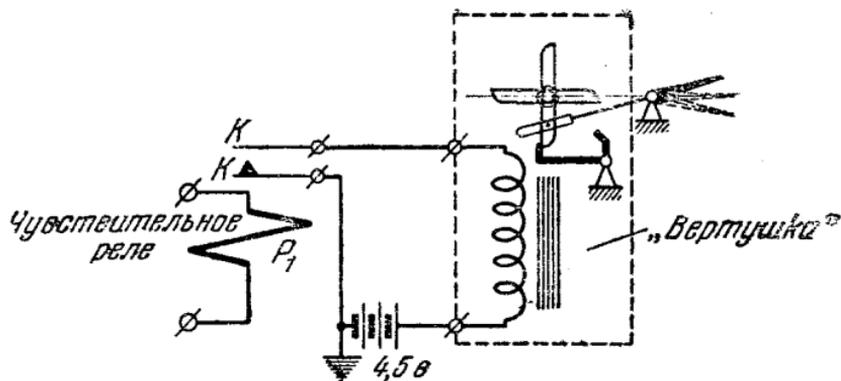


Рис. 54. Схема включения «вертушки»

ройства и механизма, отклоняющего руль, сводится к следующему. Принятый и усиленный приемником сигнал поступает в обмотку чувствительного реле. Срабатывая, чувствительное реле замыкает цепь питания электромагнита «вертушки» через контакты КК (рис. 54). Стопорный якорь притягивается, и звездочка поворачивается, отклоняя руль из нейтрального положения вправо или влево. Направление отклонения руля определяется первоначальным положением металлической тяги по отношению к штырьку на звездочке. При окончании посылки сигнала звездочка еще поворачивается, устанавливая руль в нейтральное положение. Следующий принятый командный импульс отклонит руль в противоположном направлении, а прекращение его возвратит руль в нейтральное положение и т. д.

Положительным качеством двухзвенной «вертушки» является то, что руль при отсутствии принимаемого командного сигнала находится в нейтральном положении и отклоняется влево или вправо только при подаче соответствующей команды.

Это особенно важно для моделей самолетов, так как при этом выход из строя передатчика или приемника не приводит к гибели модели.

Недостатками разобранной конструкции являются большой

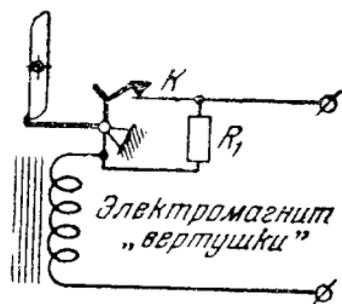


Рис. 55. Схема «вертушки» с добавочным сопротивлением

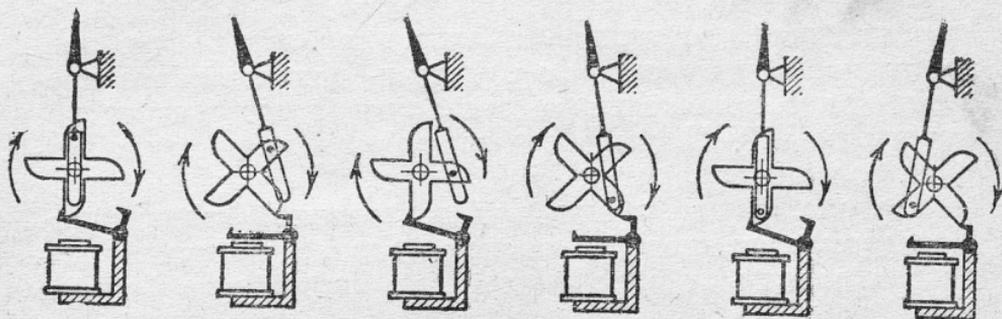


Рис. 56. Работа четырехзвенной «вертушки»

расход тока обмоткой электромагнита и необходимость помнить, какая последняя команда была подана. Из рис. 53 видно, что имеется случай, когда для подачи команды влево понадобится вначале подать дополнительную команду вправо и только вторым командным сигналом отклонить руль влево. Продолжительность дополнительных командных сигналов должна быть как можно короче.

Большой расход тока обмоткой электромагнита может быть уменьшен за счет дополнительной схемы, приведенной на рис. 55. «Вертушка», включенная по такой схеме, потребляет ток около 1 а только в моменты притяжения стопорного якоря. После того как якорь притянут, последовательно с обмоткой реле с помощью контакта K включается сопротивление R_1 , уменьшающее ток через обмотку до 100 ма. Значение сопротивления R_1 выбирается такое, чтобы получить ток величиной, достаточной для удержания якоря в притяннутом состоянии. Когда звездочка стоит в нейтральном положении, сопротивление R_1 закорачивается.

«Вертушка» с четырехзвенной звездочкой совсем не потребляет тока, кроме тех моментов, когда он необходим для переброски руля в любое из возможных по-

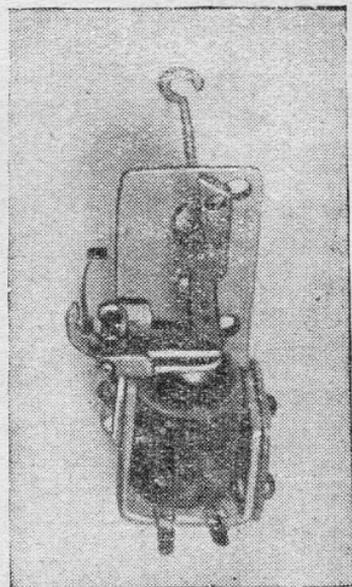


Рис. 57. Двухзвенная «вертушка»

ложений: прямо, влево, вправо, прямо и т. д. Работа четырехзвенной «вертушки» аналогична только что рассмотренной двухзвенной с той лишь разницей, что промежуточное положение ее звездочки соответствует повороту на 45° . Последнее дает возможность отклонять руль более плавно (рис. 56).

На рис. 57 дан общий вид двухзвенной «вертушки». Электромагнит «вертушки», как правило, рассчитывается для работы от одной батарейки карманного фонаря.

ШАГОВЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛИ

Шаговые распределители, как уже было сказано, предназначены для включения различных исполнительных механизмов радиоуправляемых моделей при использовании число-импульсного кода.

Шаговый распределитель (рис. 58) состоит из электромагнита с якорем, на котором укреплена специальной формы пластинка, называемая собачкой. Собачка заходит своим концом в одну из впадин зубчатого колеса (храповика). Когда в катушку электромагнита поступает ток, якорь, преодолевая действие пружины, притягивается к сердечнику. Вместе с якорем перемещается прикрепленная к нему собачка, нажимая своим концом на зубец храповика. От каждого нажима собачки храповик поворачивается на один зубец. С храповиком жестко связана контактная щетка, которая скользит по контактам, замыкая цепь одного из исполнительных механизмов. От каждого командного импульса щетка переходит с одного контакта на другой, делая один шаг по контактному кругу.

По окончании командного импульса электромагнит перестает притягивать якорь. Последний под действием пружины немедленно возвратится в первоначальное положение и притянет при этом за собой собачку. Собачка упадет в следующую впадину храпового колеса и при следующем командном импульсе вновь провернет его на один зубец. В зависимости от числа командных импульсов контактная щетка замкнет ту или другую цепь исполнительных механизмов.

При одном командном импульсе щетка передвинется с нулевого на первый контакт и включит один исполнительный механизм, например небольшой электро-

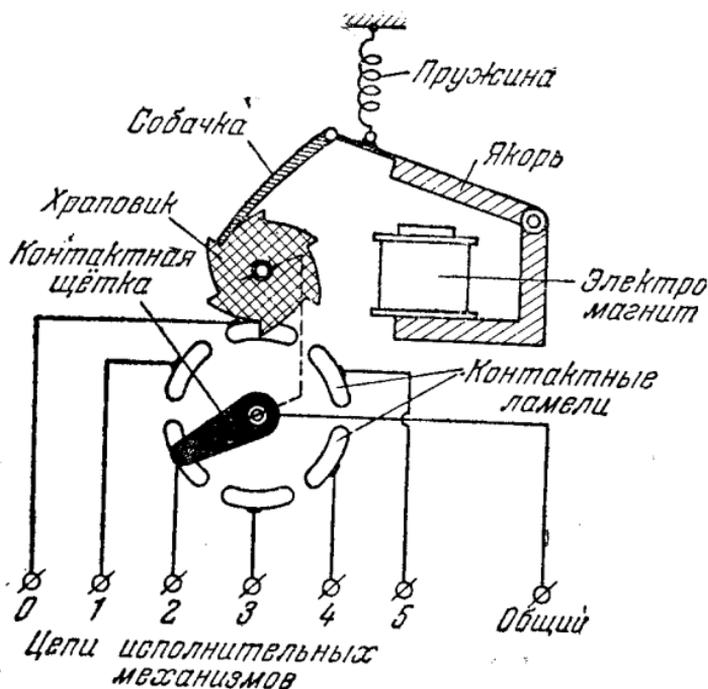


Рис. 58. Принципиальная схема шагового распределителя

двигатель. При двух импульсах она перейдет на второй контакт и включит другую цепь исполнения — соленоид руля поворота, при трех — сигнальную лампочку и т. д. Обойдя последовательно все электрические контакты, щетка вернется на нулевой контакт. Таким образом, применение шагового распределителя дает возможность осуществлять поочередное включение исполнительных механизмов.

Однако рассмотренная схема не дает возможности включать ту или иную исполнительную цепь в любой последовательности. Так, например, если нужно включить сигнальную лампочку, а электродвигатель и соленоид включать нет необходимости, то с пульта управления подается три командных импульса. При первом импульсе контактная щетка перейдет на контакт, соединенный с электродвигателем, при втором — на контакт, соединенный с соленоидом, и только от третьего импульса включит нужную цепь сигнальной лампочки.

Избавиться от включения в моменты передачи промежуточных командных импульсов ненужных исполнительных цепей можно двумя способами.

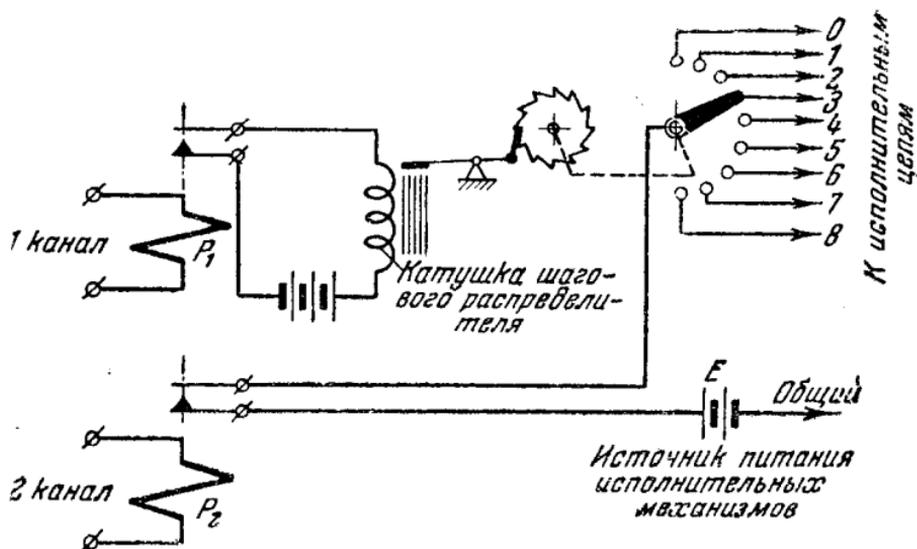


Рис. 59. Схема включения шагового распределителя при двухканальном управлении

При первом способе нужно применять двухканальную приемо-передающую аппаратуру. Схема включения шагового распределителя при двухканальном управлении показана на рис. 59. Один канал управления используется для передачи командных сигналов, закодированных число-импульсным кодом. Второй канал

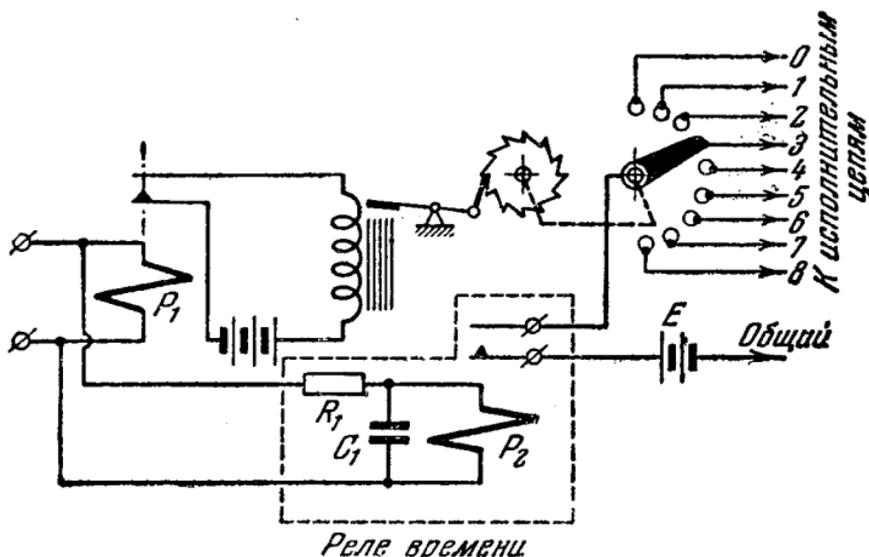


Рис. 60. Схема включения шагового распределителя с реле времени

нужен для подключения источника питания исполнительных механизмов после того, как контактная щетка шагового распределителя замкнет выбранную цепь, соответствующую переданному числу командных импульсов.

При втором способе в схему шагового распределителя включается дополнительное реле времени (рис. 60). При срабатывании чувствительного реле P_1 включается не только цепь электромагнита шагового распределителя, но и цепь реле времени P_2 . Время срабатывания реле времени должно быть больше времени срабатывания шагового распределителя плюс время между двумя командными импульсами. Обычно время срабатывания реле времени берется равным 2—3 секундам. А так как контактная система реле времени включает цепь питания исполнительных механизмов, то до тех пор, пока оно не сработает, исполнительные механизмы не смогут выполнить команды. Поэтому для того, чтобы сработал тот или иной исполнительный механизм, командный импульс, ему соответствующий, должен иметь продолжительность, значительно большую продолжительности промежуточных командных импульсов и больше времени срабатывания реле времени (рис. 61). Продолжительность промежуточных командных импульсов берется равной 0,2—0,3 секунды.

Хотя распределитель срабатывает и его щетка скользит по контактам, но пока щетка не дойдет до контакта, соответствующего передаваемому распоряжению, и не остановится на нем на продолжительное время (3—5 секунд), т. е. до тех пор, пока не будет закончен выбор требуемой цепи управления, цепь питания исполнительных механизмов не включается.



Рис. 61. Кодовая посылка при использовании в качестве декодирующего устройства шагового распределителя с реле времени

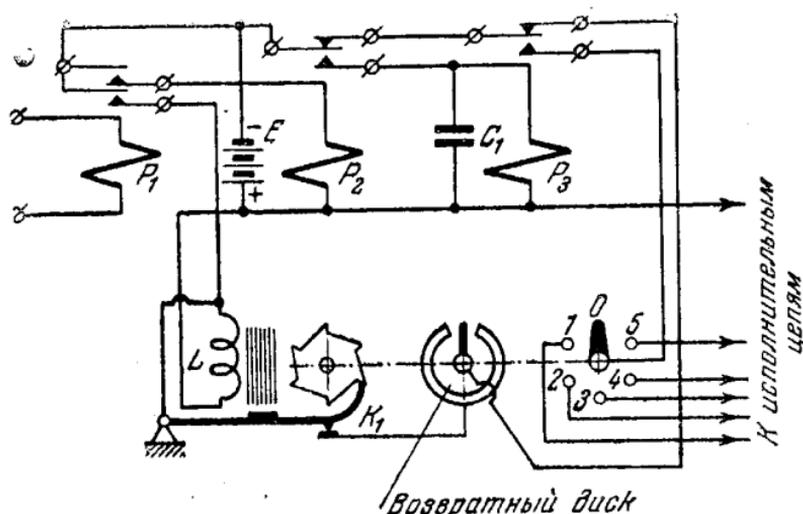


Рис. 62. Схема самоустанавливающегося на нулевое положение шагового распределителя

На рис. 62 приведена схема самоустанавливающегося на нулевое положение шагового распределителя.

При поступлении на приемник командного импульса срабатывает чувствительное реле P_1 , имеющее две пары контактов. При этом включается обмотка электромагнита шагового распределителя, в результате чего храповое колесо поворачивается на один зубец. В то же время срабатывает реле P_2 . Реле P_2 включает реле P_3 , имеющее запаздывание при отпускании, отчего контактная группа реле P_3 остается замкнутой в течение паузы между командными импульсами.

Когда поступит требуемое число командных импульсов, контактная щетка шагового распределителя остановится на выбранном контакте, реле P_2 отключится, в результате чего ток через распределитель попадет в исполнительную цепь. Реле P_3 должно иметь задержку при отпускании большую, чем время, требуемое для выполнения самой продолжительной команды. При отпускании реле P_3 замыкается цепь последовательно включенных элементов: минус источника питания E , контакты реле P_2 и P_3 , возвратный диск, контакт K_1 , обмотка электромагнита L и плюс источника питания. При этом контактная щетка возвратится в нулевое положение.

Если для подачи число-импульсного кода (см.

рис. 61) используется телефонный диск, то его контактную систему следует несколько изменить. Обычный телефонный диск посылает электрические импульсы только при обратном ходе, при вращении диска пальцем его контактная система отключена.

Удобнее в качестве кодирующего устройства применять телефонный диск, посылающий командные импульсы при вращении диска пальцем. При этом продолжительность последнего импульса кодовой группы определится временем, в течение которого диск держится в выбранном положении. Например, для полного отклонения руля с приводом от электромоторчика через редуктор требуется время в несколько секунд. Поворачивая телефонный диск на определенный угол и задерживая его в этом положении некоторое время, можно получить для руля промежуточное отклонение.

При самоустанавливающемся шаговом распределителе после прекращения посылки последнего командного импульса дальнейшее управление работой передатчика не требуется. Распределитель автоматически возвращается в нулевое положение.

При работе шагового распределителя в схеме рис. 59 и 60 параллельно контактам телефонного диска подключается звонковая кнопка, которая необходима для посылки дополнительных командных импульсов, возвращающих контактную щетку распределителя в нулевое положение.

Шаговый распределитель на четыре цепи управления легко изготовить из «вертушки» с четырехзвенной звездочкой. Для этого металлическая тяга снимается, а к оси звездочки припаивается контактная щетка. При вращении звездочки щетка скользит по контактам, замыкая одну из четырех исполнительных

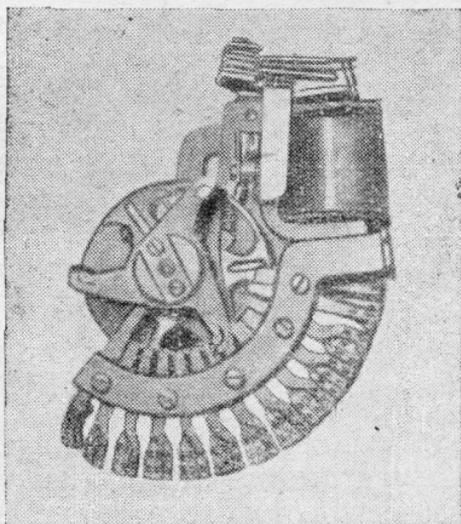


Рис. 63. Телефонный шаговый искатель

цепей, в зависимости от числа командных импульсов.

Значительно чаще в аппаратуре радиоуправления моделями в качестве распределителя используется телефонный шаговый искатель (рис. 63). Такой распределитель дает возможность поочередно подключать одну из одиннадцати исполнительных цепей.

Применение шаговых распределителей в аппаратуре радиоуправления ограничивается большим временем, необходимым для перевода контактной щетки из одного положения в другое. Так, например, для прохождения щеткой в телефонном искателе одиннадцати контактов требуется время около 2—3 секунд. За это время необходимость подачи той или другой команды часто пропадает. Большая задержка в исполнении команды может привести к поломке модели. Поэтому шаговые распределители, как правило, применяются в аппаратуре радиоуправляемых кораблей, скорость которых невелика, и для них не так существенно время задержки при исполнении переданной команды.

Кроме того, при большом количестве цепей коммутации оператор легко может сбиться и, забыв предыдущую команду, не зная, сколько командных импульсов нужно передать для выполнения моделью следующей операции. То же может случиться при срабатывании распределителя от ложного импульса (помехи) или при отсутствии срабатывания от одного из командных импульсов.

Перечисленные недостатки, сложность конструкции и большой вес делают нежелательным применение шаговых распределителей в аппаратуре радиоуправления летающими моделями.

ДЕКОДИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ РЕЛЕ С ЗАДЕРЖКОЙ

Реле с задержкой могут быть двух типов. Реле первого типа имеет задержку при срабатывании, т. е. их контактные системы срабатывают не сразу, а по истечении некоторого времени. Реле второго типа, наоборот, срабатывают моментально, а отпускание их контактной системы происходит с некоторой задержкой.

Задержка в реле проще всего может быть получена

за счет включения в цепь обмотки реле сопротивления или конденсатора или того и другого одновременно. Например, при подключении параллельно к поляризованному реле с сопротивлением обмотки в 8000 ом конденсатора с емкостью в 20 мкф время его срабатывания остается прежним, а время отпускания становится равным 5 секундам (рис. 64). При поступлении на схему (рис. 64) командного импульса реле срабатывает без задержки и одновременно заряжается конденсатор. По прекращении импульса конденсатор разряжается через сопротивление обмотки реле, оставляя его включенным в течение времени, которое определяется величиной емкости конденсатора C_1 и сопротивлением обмотки реле.

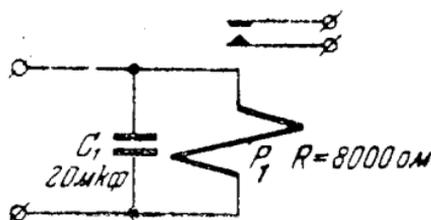


Рис. 64. Реле с задержкой при отпускании

Задержку при срабатывании реле проще всего получить, включив реле по схеме рис. 65.

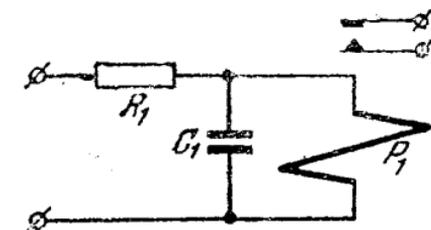


Рис. 65. Реле с задержкой при срабатывании

Чтобы декодировать командный сигнал с широтно-импульсным кодом, достаточно соединить два реле, одно из которых имеет задержку при срабатывании около 10 секунд (рис. 66). При поступлении на схему командных импульсов с продолжительностью не больше 1—3 секунды срабатывает реле P_1 , включая, например, цепь обмотки «вертушки». Реле P_2 от коротких импульсов не срабатывает. Когда поступает продолжительный

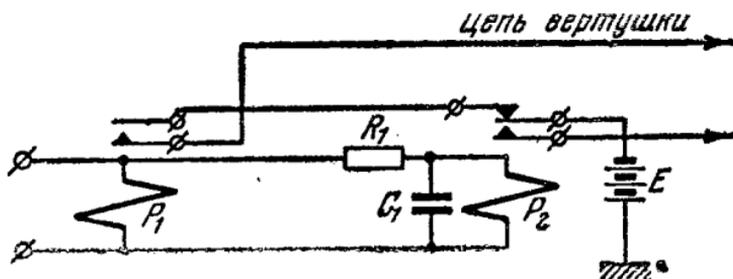


Рис. 66. Схема двухкомандного декодирующего устройства с реле времени

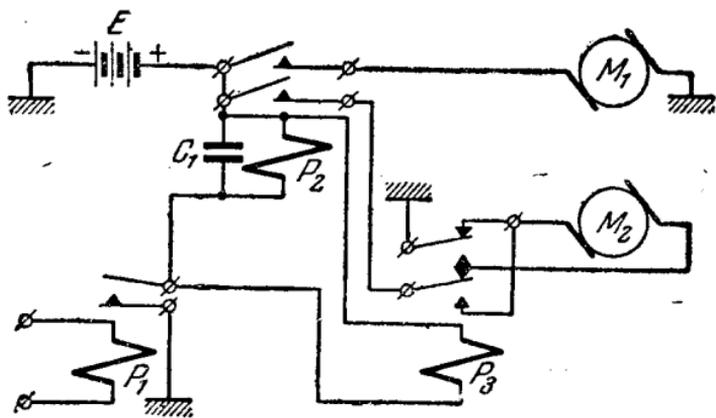


Рис. 67. Схема декодирующего устройства, коммутирующего питание двух электромоторчиков

командный импульс с длительностью не менее 10 секунд, срабатывает не только реле P_1 , но и P_2 , в результате чего включается цепь второго исполнительного механизма, а цепь обмотки «вертушки» разрывается.

Другим примером использования реле с задержкой является схема, показанная на рис. 67.

Когда чувствительное реле P_1 срабатывает от командного сигнала, то срабатывают реле P_2 и P_3 . При срабатывании реле P_2 напряжение от батареи E подается как на электромоторчик M_1 , так и на электромоторчик M_2 . При срабатывании реле P_3 полярность напряжения, питающего электромоторчик M_2 , меняет свой знак, заставляя электромоторчик вращаться в противоположном направлении.

Если импульсы от передатчика имеют длительность, равную интервалам между ними, то чувствительное реле P_1 будет равные промежутки времени включено и выключено, заставляя ток к моторчику M_2 течь то в одном, то в другом направлении. Электромоторчик M_2 при этом вращаться не будет. Если длительность командных импульсов будет короче интервалов между ними, то чувствительное реле будет большее время замкнуто, чем разомкнуто. Электромоторчик M_2 в этом случае вращается в каком-то одном направлении; если длительность командных импульсов больше интервалов, моторчик меняет направление своего вращения.

Запаздывание для реле P_2 при отпуске необходимо

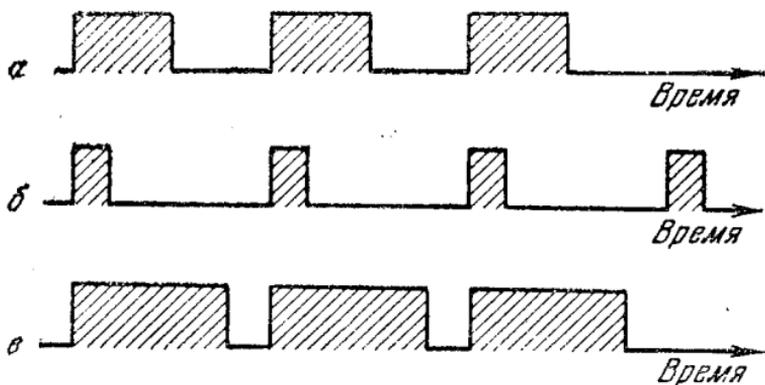


Рис. 68. Импульсно-кодовая посылка с широтной модуляцией

димо, чтобы держать реле включенным между командными импульсами, как бы велики ни были интервалы.

Рассмотренное декодирующее устройство реагирует на три широтно-импульсных кода (рис. 68).

При подаче кода *a* срабатывает реле P_2 , включая цепь электромоторчика M_1 и приводя его во вращение. Одновременно реле P_3 попеременно то включается, то выключается. Но так как длительность командных импульсов равна интервалу между ними, то электромоторчик не вращается.

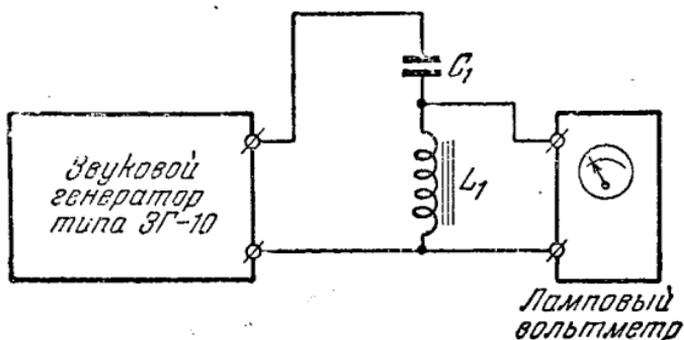
При подаче кода *б* электромоторчик M_1 продолжает вращаться. Электромоторчик M_2 также начинает вращаться в каком-либо направлении.

При подаче кода *в* электромоторчик M_2 меняет направление вращения, электромоторчик M_1 продолжает вращаться.

При прекращении подачи командных импульсов (передатчик выключен) электромоторчики M_1 и M_2 не вращаются.

ДЕКОДИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ЧАСТОТНО-СЕЛЕКТИВНОГО ТИПА

К декодирующим устройствам такого типа относятся устройства, исполнительная часть которых срабатывает только при совпадении частоты подводимого напряжения (командного сигнала) с частотой собственных ко-

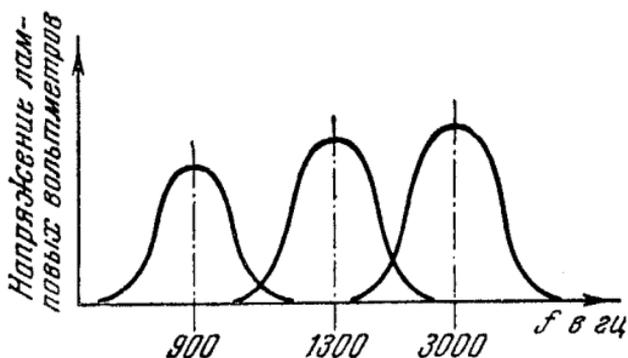


Р и с. 69. Определение резонансной частоты контура L_1C_1

лебаний электрических контуров или электромеханических систем, входящих в декодирующее устройство.

Наиболее простым типом низкочастотного декодирующего устройства можно считать устройство, использующее принципы электрического резонанса. Электрический резонанс на звуковых частотах можно получить как в LC контурах, так и в RC схемах.

Дроссель и конденсатор, соединенные последовательно, резонируют на некоторой вполне определенной частоте. Для определения резонансной частоты такого контура необходимо дроссель и конденсатор подключить к звуковому генератору, как это показано на рис. 69. Кроме того, к зажимам дросселя подключается ламповый вольтметр типа ВКС-7. При изменении частоты



Р и с. 70. Частотная характеристика трех резонансных контуров типа LC

ты звукового генератора на резонансной частоте контура $L_1 C_1$ вольтметр покажет увеличение напряжения.

Если несколько таких резонансных контуров, имеющих различные резонансные частоты, подключить к выходной цепи лампы приемника, то вольтметры, включенные параллельно дросселям, покажут пики напряжения при изменении частоты модуляции командного сигнала (рис. 70).

На рис. 71 приведена схема декодирующего устройства на четыре канала управления. В этой схеме Tr_1 , Tr_2 , Tr_3 и Tr_4 представляют собой низкочастотные контуры LC с трансформаторной связью и резонансными частотами f_1 , f_2 , f_3 и f_4 .

Основным недостатком таких декодирующих устройств является очень тупая частотная характеристика, вследствие чего в диапазоне звуковых частот 200—3000 гц может быть расположено не более 3—4 командных частот (каналов управления). Такое ограничение количества команд не может удовлетворять требованиям управления сложной моделью, например пилотажной моделью самолета.

При большом числе команд в настоящее время широкое применение получили декодирующие устройства, использующие электромеханический резонанс, так называемые резонансные реле.

Принципиальная схема резонансного реле показана на рис. 72. Упругая пластинка A (язычок) резонансного реле изготавливается из стали, инвара или другого магнитного материала. Контакт B служит для замыка-

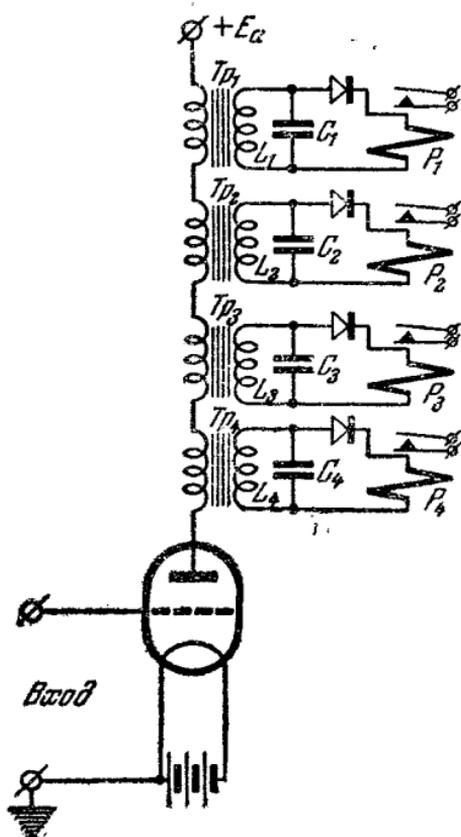


Рис. 71. Схема четырехканального декодирующего устройства

ния цепи управления при колебании пластинки. Постоянный магнит обозначен буквой *С*, обмотка электромагнита — *Д*.

Теория работы резонансного реле достаточно проста. Любая металлическая пластинка имеет свою собственную резонансную частоту, причем чем длина пластинки больше, тем ее собственная частота колебаний ниже. Чтобы заставить колебаться пластинку, жестко закрепленную одним концом, на резонансной частоте, нужно ударить по свободному концу пластинки или поместить конец пластинки в переменное магнитное поле, частота изменений которого равна собственной (резонансной) частоте пластинки. Если изменить частоту переменного магнитного поля, то пластинка перестанет колебаться.

При подаче на обмотку *Д* переменного напряжения магнитный поток, создаваемый электромагнитом, будет создавать в воздушном зазоре реле усилие, изгибающее пластинку *А*. При случайной частоте возбуждения вызванные этим усилием колебания пластинки будут малы и контакты реле останутся разомкнутыми. При совпадении частоты возбуждения с собственной частотой пластинки амплитуда колебаний (размах) ее становится достаточно большим (2—3 мм), что обеспечивает периодическое замыкание контактов.

Так как селективность пластинки при ее возбуждении переменным магнитным полем очень высока (около

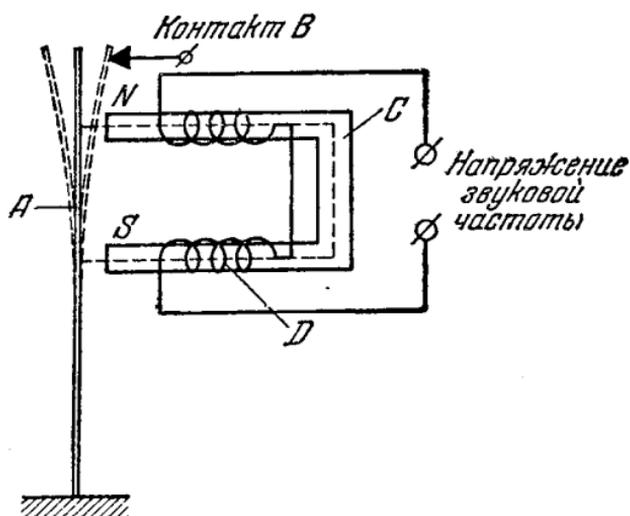
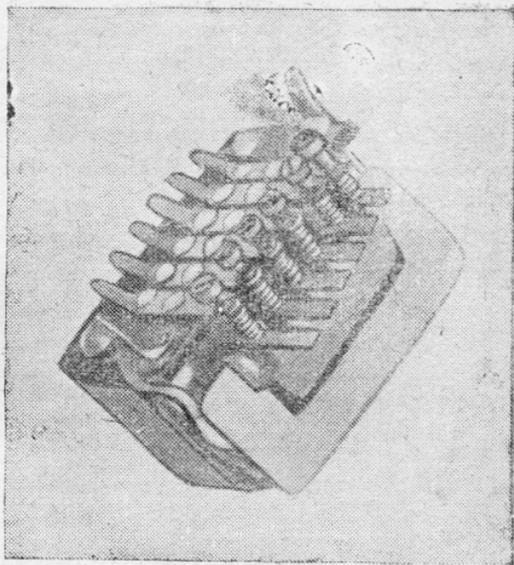


Рис. 72. Принципиальная схема резонансного реле

до 3—10 гц), то в звуковом диапазоне частот 200—3000 гц можно разместить очень большое число каналов управления. Практически резонансное реле с числом пластин больше 6—8 не делается, так как для надежной работы резонансные частоты пластинок должны отстоять друг от друга на 30—40 гц. Кроме того, если использовать несколько пластинок, то их собственные резонансные частоты не должны вы-



Р и с. 73. Резонансное реле

бираться произвольно, иначе гармоника частоты одной пластинки может заставить колебаться другую пластинку. Так, например, если пластинка имеет собственную частоту 250 гц, то она будет колебаться при частоте напряжения возбуждения в 500 гц, правда, с меньшей амплитудой. Таким образом, количество частот, которые могут быть выделены резонансным реле, а следовательно, и количество команд равно числу язычков реле (числу пластинок).

На рис. 73 показано резонансное реле, применяемое в многокомандной аппаратуре радиоуправляемых моделей. В качестве колеблющихся язычков в этом реле используются шесть стальных пластинок с различной длиной. Язычки располагаются в магнитном поле, создаваемом постоянным магнитом и катушкой электромагнита таким образом, что могут свободно колебаться. Собственная частота каждого язычка на 30—40 гц отличается от собственных частот соседних язычков. Полоса частот, при которых происходит наиболее сильное колебание язычков, как уже указывалось ранее, измеряется единицами герц. Последнее накладывает довольно жесткие требования на стабильность звуковой частоты модулятора для того, чтобы частота модуляции передатчика во время работы аппаратуры не изме-

нялась более чем на 0,5—1 гц. Обеспечить такую высокую стабильность частоты модулятора в полевых условиях работы передатчика очень сложно, поэтому приходится увеличивать ширину стальных пластинок, что ведет к уменьшению селективности язычков, но одновременно снижает чувствительность резонансного реле.

Для регулировки собственных частот язычков используется метод увеличения массы на их концах при помощи напайки капли припоя.

Обмотка электромагнита резонансного реле включается в качестве нагрузки в анодную цепь выходной лампы приемника (рис. 74). Если на сетку лампы L_1 не поступает командного сигнала или если частота модуляции командного сигнала не совпадает ни с одной из собственных частот язычков, то язычки не колеблются.

При поступлении на сетку лампы сигнала с частотой, равной собственной частоте одного из язычков, соответствующий язычок начинает сильно колебаться, периодически замыкая цепь питания промежуточного реле P_2-4 . Промежуточное реле необходимо, так как сам язычок не способен коммутировать цепи исполнительных механизмов, потребляющих достаточно большие токи. В качестве промежуточного реле может быть использовано любое реле с током срабатывания не более 3—5 ма, иначе контакты резонансного реле быстро обгорят и оно выйдет из строя.

Чаще других в качестве промежуточного реле используется поляризованное реле, конструкция которого

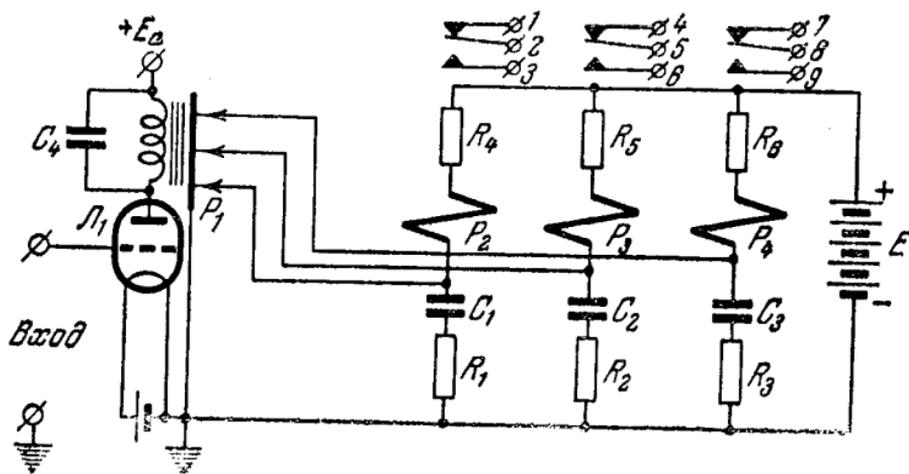
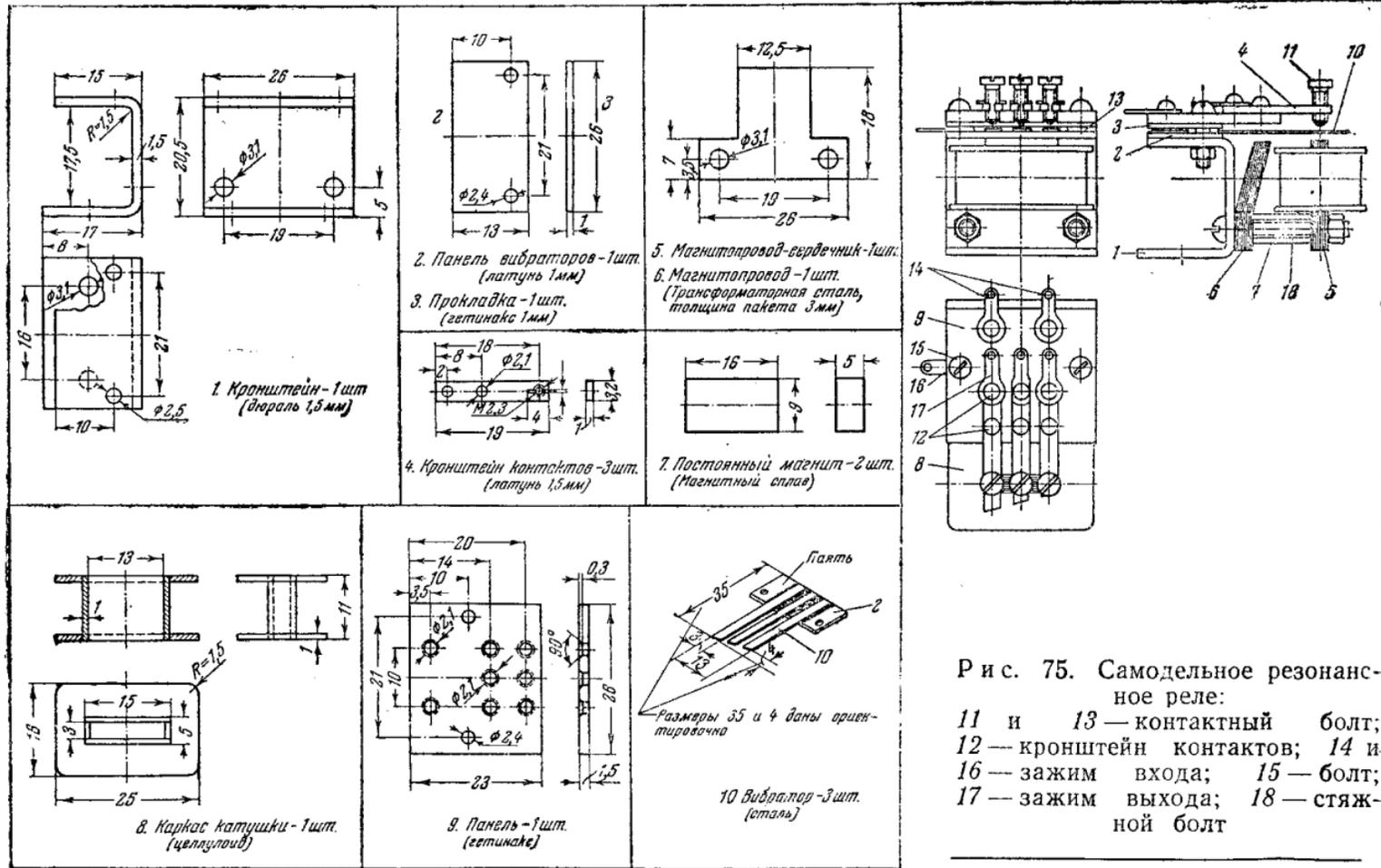


Рис. 74. Схема включения резонансного реле



дана на рис. 49. Принципиально в качестве промежуточного реле может быть использовано обычное электромагнитное реле типа РСМ (см. стр. 64), но из-за малой чувствительности такие реле работают хуже.

Чтобы устранить пульсацию тока, протекающего через обмотку промежуточного реле, параллельно каждой контактной группе (язычок — контактный винт) присоединяется конденсатор емкостью 5—10 мкф (см. рис. 74). Сопротивления R_1 , R_2 и R_3 ограничивают ток разряда конденсаторов C_1 , C_2 и C_3 в момент касания соответствующим язычком заземленного контактного винта. Сопротивления R_4 , R_5 и R_6 ограничивают ток, протекающий через обмотки промежуточного реле.

Так как более длинные язычки для своей раскочки требуют меньше напряжения, чем короткие, то для выравнивания их чувствительности устанавливается корректирующий конденсатор C_4 , величина которого подбирается опытным путем в пределах 0,01—0,1 мкф.

Конструкция трехязычкового резонансного реле, разработанного в Центральной авиамодельной лаборатории ДОСААФ, приведена на рис. 75.

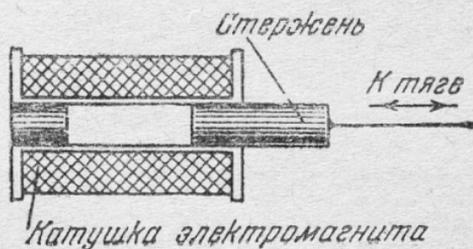
Для изготовления пластин вибратора 10 можно использовать лезвие безопасной бритвы, опилив его на наждачном круге. Подгонку длины, а следовательно, и частоты собственных колебаний язычков следует производить по тону модуляции передатчика. Катушка электромагнита наматывается проводом ПЭЛ 0,05 мм до заполнения каркаса. При сборке реле следует обратить внимание, чтобы язычки не касались ярма реле, но в то же время, чтобы зазор между язычками и ярмом был не более 1 мм. Зазор между язычками и контактными винтами устанавливается равным 0,2—0,3 мм. Хорошо выполненное резонансное реле надежно работает от 6—8 в напряжения звуковой частоты.

Глава VI

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Исполнительным механизмом называется конечный элемент в системе телеуправления.

Исполнительные механизмы обычно приводятся в действие от посторонних источников механической, пневматической или электрической энергии соответствующим приводом. Так, например, в случае «вертушки», которая одновременно яв-

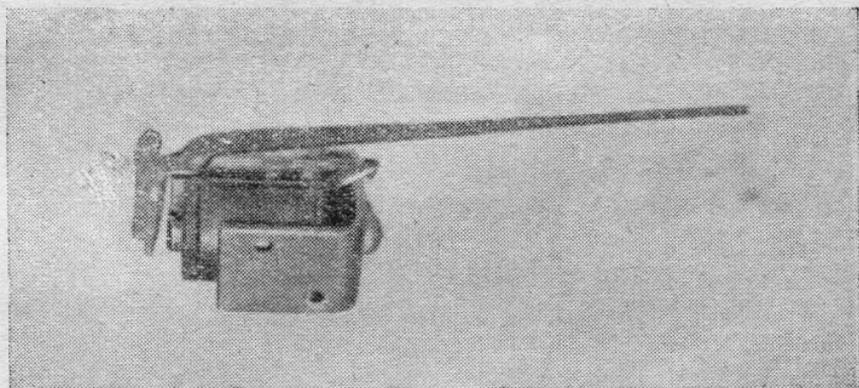


Р и с. 76. Соленоид

ляется декодирующим устройством и исполнительным механизмом, механическая энергия резинового жгута преобразуется в движение руля поворота.

До настоящего времени в качестве исполнительных механизмов в модельной технике применялись электромагниты и электромоторчики постоянного тока с редуктором.

Одним из простейших устройств, преобразующих электрическую энергию в энергию движения, является соленоид, принцип работы которого сводится к следующему.



Р и с. 77. Использование реле в качестве исполнительного механизма

Если стальной стержень поместить вблизи катушки, то при прохождении по обмотке катушки тока стержень будет втягиваться внутрь катушки. На рис. 76 показан простейший соленоид, который может быть использован в аппаратуре управления моделями для различных целей.

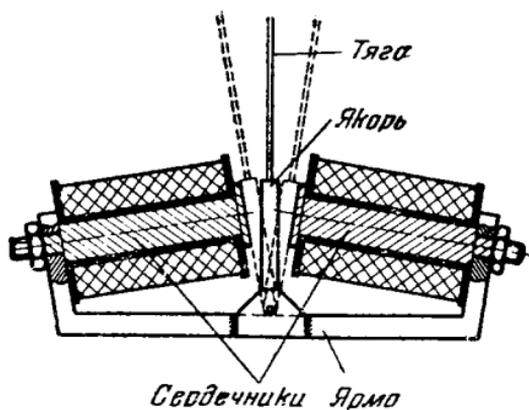


Рис. 78. Исполнительный механизм электромагнитного типа

сердечнику, отклоняет руль на определенный угол. На рис. 78 показан исполнительный механизм электромагнитного типа, обеспечивающий двустороннее отклонение руля поворота летающей модели планера или самолета.

При конструировании и налаживании исполнительных механизмов электромагнитного типа нужно иметь в виду рекомендации, данные по конструированию и налаживанию обычных реле.

Недостатком исполнительных механизмов электромагнитного типа является то, что такие механизмы позволяют производить лишь небольшие отклонения органов управления.

Лучшие результаты дают втяжные реле. Подобные реле обеспечивают в 2—3 раза больший ход тяги, чем простые электромагнитные реле. Конструкция втяжного реле видна на рис. 79. Якорь и кожух реле делаются из мягкого, хорошо отожженного железа. Каркас катушки вытачивается из эбонита или другого изоляционного материала. В крышке кожуха, в месте хода якоря, запрессовывается латунное кольцо толщиной 0,2—0,3 мм, которое предотвращает залипание якоря.

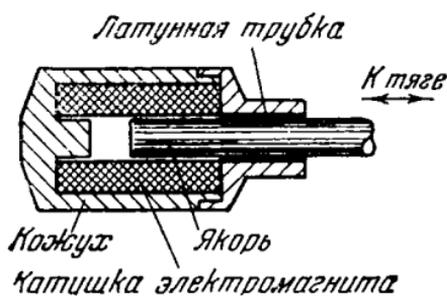


Рис. 79. Втяжное силовое реле

Часто в качестве исполнительного механизма используется обычное электромагнитное реле, описанное на стр. 64. В этом случае контактная система реле заменяется металлической тягой, жестко связанной с якорем (рис. 77). Тяга, в свою очередь, связана с рулем управления. При срабатывании реле якорь, притягиваясь к

Исполнительные механизмы электромаг-

нитного типа, как правило, работают от одной батарейки от карманного фонаря. Так как тяговое усилие исполнительных реле зависит как от конструкции, так и от произведения числа витков катушки на ток, протекающий по ней, то после того как механические части реле выполнены, нужно правильно подобрать необходимое число витков катушки. Определение необходимого числа витков производится в следующем порядке. Катушка реле наматывается до заполнения проводом ПЭЛ 0,2. При намотке катушки необходимо считать витки. Реле с намотанной катушкой через реостат 10—15 *ом* подключается к батарее с напряжением 15—20 *в*. В цепь катушки реле включается амперметр со шкалой 2—5 *а*. Уменьшая сопротивление реостата, необходимо добиться тока в цепи реле, при котором получаемое тяговое усилие обеспечивает надежное отклонение того или иного органа управления. Далее замеряется ток в цепи реле, и, умножая его на число витков, получают необходимое число ампервитков, обеспечивающее надежную работу данной конструкции исполнительного реле.

Если для надежной работы исполнительного реле с намотанной катушкой требуется большее напряжение, чем 4,5 *в* (нормальное напряжение одной батарейки КБС-0,5), то следует заменить катушку новой, намотав ее более толстым проводом, но так, чтобы число ампервитков реле с новой катушкой было равно числу необходимых ампервитков, полученных опытным путем. И наоборот, если для надежной работы реле требуется меньшее напряжение, чем 4,5 *в*, то катушку нужно намотать более тонким проводом, увеличив тем самым число витков.

Наиболее распространенным исполнительным механизмом для радиоуправляемых моделей является электромоторчик постоянного тока с редуктором и концевыми выключателями.

Электромоторчик малой мощности, пригодный для привода исполнительных механизмов моделей самолетов, кораблей и автомобилей, можно изготовить самому по книге С. Д. Клементьева «Самодельные электродвигатели малой мощности».

Самодельные электромоторчики, как правило, в аппаратуре радиоуправления моделями работают недостаточно хорошо, имеют большой ток потребления и очень

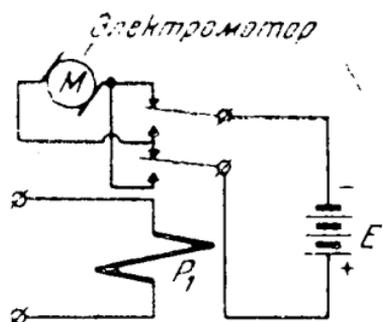


Рис. 80. Схема для изменения направления вращения электромоторчика постоянного тока

низкий КПД, развивая на валу ничтожную мощность. Поэтому рекомендуется использовать готовые электромоторчики постоянного тока малой мощности (0,1—1 вт), выпускаемые нашей промышленностью. Такие моторчики вместо обмотки статора имеют постоянный магнит. Чтобы изменить направление вращения таких моторчиков, необходимо изменить полярность напряжения на его зажимах (рис. 80).

Для того чтобы ограничить в определенных угловых размерах отклонение органа управления, так, например, для того, чтобы избежать кругового вращения руля поворота модели самолета, в крайних положениях отклонения ставятся концевые выключатели. Когда тяга T (рис. 81) достигает точки 1, то контакт 1 разомкнет цепь питания электромоторчика, в результате чего дальнейшее движение тяги в этом направлении станет невозможным. При движении тяги T в обратном направлении за счет пружинных свойств контактных пластин концевой выключатель 1 вновь замкнет цепь питания электромоторчика.

Кроме концевых выключателей, в исполнительных механизмах с приводом от электромоторчика применяется устройство, осуществляющее автоматический возврат органа управления после прекращения команды в нейтральное положение. Такое устройство называется механизмом самоустановки органа управления в нейтральное положение.

Механизм самоустановки состоит из контактной щетки (рис. 82),

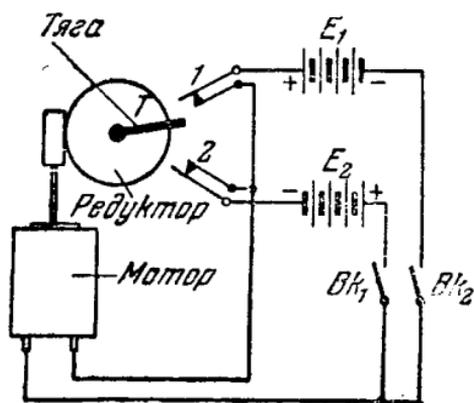


Рис. 81. Работа концевых выключателей

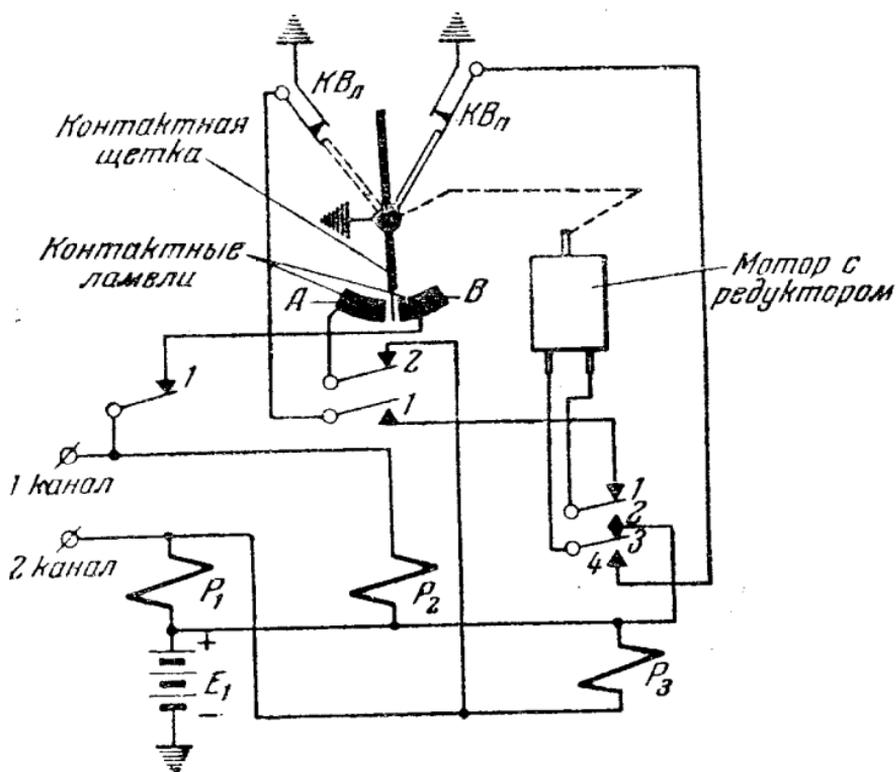


Рис. 82. Схема механизма самоустановки органа управления в нейтральное положение

которая, вращаясь вместе с органом управления (например, с рулем поворота), скользит по контактным ламелям, расположенным по обе стороны от среднего положения концевых выключателей $КВл$ и $КВп$ и релейной схемы (P_1 , P_2 и P_3).

Работа схемы механизма самоустановки происходит следующим образом.

Когда по каналу 1 поступит командный сигнал, то сработает реле P_2 . В этом случае правый зажим электромоторчика через контакт 1 реле P_2 , контакт 1 реле P_3 и концевой выключатель $КВл$ соединится на «землю». В то же время левый зажим электромоторчика через контакт 3 реле P_3 будет подключен к источнику питания исполнительных механизмов ($+E_1$). Электромоторчик начнет вращаться, отклоняя рычаг управления влево от нейтральной линии.

Если продолжительность командного сигнала вели-

ка, то моторчик будет вращаться до тех пор, пока рычаг не упрется в концевой выключатель KB_d и не разомкнет цепь питания электромоторчика. Электромоторчик при этом остановится.

Если же продолжительность командного сигнала не велика, так что в момент прекращения сигнала контактная щетка будет находиться где-то в середине контактной ламели A , то после прекращения командного сигнала произойдут следующие изменения. Реле P_2 выключится, разомкнув цепь питания электромоторчика в точке 1 . Но в то же время контакт 2 реле P_2 замкнется и сработает реле P_3 , так как его обмотка соединится с земляным проводом через контакт 2 реле P_2 , контактную ламель A и контактную щетку. За счет переключений в контактной системе реле P_3 , имеющих место при его срабатывании, полярность напряжения, подводимого к электромоторчику, изменит свой знак. Поэтому электромоторчик начнет вращаться в противоположном направлении, возвращая рычаг управления в нейтральное положение.

Как только контактная щетка достигнет нейтрального положения, цепь питания реле P_3 разомкнется, потому что нарушится контакт ламель—контактная щетка, реле P_3 выключится, электромоторчик остановится.

Если подать командный сигнал через второй канал управления, то сработает реле P_1 . Электромоторчик будет вращаться так, что рычаг управления начнет отклоняться вправо и т. д.

Механизм самоустановки особенно важен в системах управления, если используется непропорциональное управление. Оператору очень трудно отклонить руль, подавая одну из команд, и вернуть в нейтральное положение от другой команды. Механизм самоустановки проделывает эту операцию легко, быстро и точно.

Конструктивно механизм самоустановки может быть выполнен несколько иначе, чем только что рассмотренный.

Так, например, в рулевой машинке аппаратуры РУМ-1 контактная щетка и контактные ламели заменены парой контактов и кулачком специального профиля. Поэтому удалось освободиться от скользящего контакта, что упростило конструкцию механизма и сделало его работу более надежной.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

Приемо-передающую аппаратуру можно хорошо отрегулировать только при наличии следующей измерительной аппаратуры:

- 1) вольтамперметра;
- 2) индикатора высокочастотных колебаний;
- 3) волномера;
- 4) индикатора напряженности поля.

Вольтамперметр необходим для контроля режима передатчика и приемника по постоянному току, т. е. для измерения напряжения на электродах ламп, для измерения анодного и сеточного тока, а также для измерения напряжения на зажимах анодных и накальных батарей. Для этого вполне подходит универсальный многошкальный прибор типа ТТ-1. Если в распоряжении моделиста нет готового вольтамперметра, то его можно легко изготовить, используя в качестве стрелочного прибора микроамперметр со шкалой на 100—500 микроампер. Простейший самодельный вольтамперметр должен иметь две шкалы для измерения напряжения (0—6 в и 0—120 в) и две шкалы для измерения тока (0—6 ма и 0—24 ма).

Следует иметь в виду, что при контроле работы приемника в полевых условиях подключение ТТ-1 вызывает изменение эффективности противовеса, что может нарушить связь антенны с контуром приемника. Для устранения этого эффекта провода, идущие от прибора к приемнику, должны иметь как можно меньшую длину. Если ТТ-1 используется как миллиамперметр для контроля перепада тока выходной лампы, то в точке разрыва анодной цепи параллельно проводам, идущим к прибору, следует припаять конденсатор емкостью 5000—10 000 пф. При определении годности как анодной, так и накальной батарей измерение напряжения на их зажимах следует производить под нагрузкой, т. е. при работающем передатчике и приемнике.

Индикатор высокочастотных колебаний дает возможность определить наличие в передатчике высокочастотных колебаний. Наиболее простым индикатором яв-

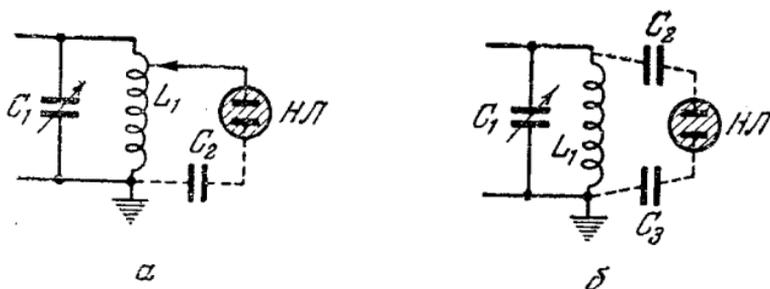


Рис. 83. Подключение неоновой лампочки в качестве индикатора напряжения высокой частоты

ляется неоновая лампочка. Ее обычно подключают одним полюсом к тем или иным элементам схемы, в которых желательнее определить наличие колебаний высокой частоты. При контроле работы передатчика такими элементами являются: катушка контура, катушка антенной связи, антенна и т. п. На рис. 83,а показан способ подключения неоновой лампочки к контуру передатчика.

Недостаток неоновой лампочки заключается в том, что с ее помощью нельзя обнаружить наличие высокочастотных колебаний, амплитуда которых будет меньше потенциала зажигания лампочки (50 в). Зато при значительных амплитудах неоновая лампочка будет светиться, если даже она непосредственно не подключена к детали (рис. 83,б). В этом случае она оказывается включенной через паразитные емкости C_2 и C_3 .

Если неоновой лампочки нет, то индикатор высокочастотных колебаний может быть сделан из лампочки от карманного фонаря и одного витка медной проволоки. Для этого к лампочке от карманного фонаря припаивается один виток медного провода толщиной 1,5—2 мм. Диаметр витка равен 40—50 мм. При расположении витка индикатора вблизи катушки контура работающего передатчика лампочка должна загореться. Плоскость витка индикатора должна совпадать с плоскостью витков контура.

Для измерения частоты электромагнитных колебаний, излучаемых передатчиком, а также для измерения частоты настройки приемника применяется резонансный волномер. Некоторые схемы подобных волномеров приведены ниже. Контур волномера должен иметь

достаточно прочную конструкцию, чтобы в процессе эксплуатации прибора не нарушалась его градуировка.

На рис. 84 приведена схема простейшего резонансного волномера, работающего на «отсос» высокочастотной энергии. Такой волномер работает следующим образом. Если катушку волномера L_1 поместить в поле катушки колебательного контура передатчика и изменять емкость переменного конденсатора C_1 , то при настройке колебательного контура волномера в резонанс с контуром передатчика миллиамперметр, включенный в анодную цепь передатчика, отметит некоторое увеличение тока. Проградуировав предварительно шкалу переменного конденсатора C_1 в мегагерцах, можно таким образом определить частоту, на которой работает передатчик.

Этот же волномер может быть использован для определения частоты настройки свержегенеративного приемника. Если катушку колебательного контура резонансного волномера поместить вблизи высокочастотного контура приемника, то в момент равенства собственных частот контуров волномера и приемника в телефонах, включенных на выход приемника, можно отметить прекращение или ослабление суперного шума.

Резонансные волномеры с индикатором (рис. 85) имеют большую чувствительность и поэтому удобнее в эксплуатации. В качестве индикатора можно использовать любой стрелочный прибор с чувствительностью 0,1—0,5 ма на всю шкалу. При определении частоты модулированных высокочастотных колебаний, излучаемых передатчиком, в качестве индикатора

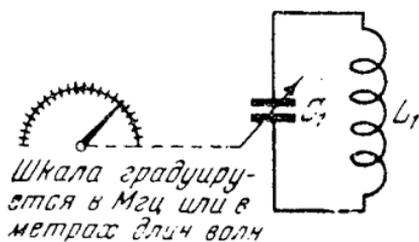


Рис. 84. Схема резонансного волномера

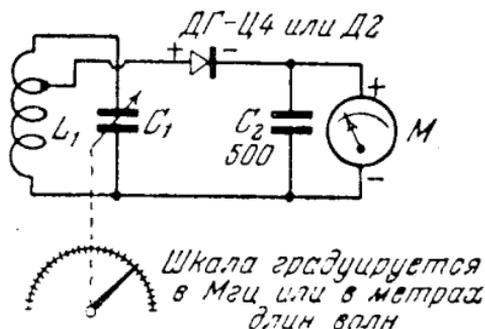


Рис. 85. Схема резонансного волномера с индикатором

тора удобно использовать головные телефоны. В момент, когда контур волномера точно настроен на частоту передатчика, в телефонах будет прослушиваться частота модуляции.

На рис. 86 дан общий вид универсального резонансного волномера, который может работать как на «отсос», так и с индикатором. Схема такого волномера приведена на рис. 87. Волномер монтируется на гетинаксовой плате толщиной 5—6 мм. Катушка L_1 имеет 10 витков медного провода диаметром 1,5 мм. Диаметр витка катушки 22 мм, шаг намотки — 3 мм. В качестве переменного конденсатора используется подстроечный конденсатор с воздушным диэлектриком с максимальной емкостью 20—25 пф. При этих данных колебательного контура резонансный волномер перекрывает диапазон от 26 до 42 Мгц. В гнезда Г—Г вставляется индикатор, в качестве которого используется микроамперметр на 100—500 мка на всю шкалу или телефоны.

Градуировка волномера производится следующим образом. К выходным зажимам любого УКВ сигнал-генератора (например СГ-1), несущая которого промодулирована звуковой частотой, подключается катушка, имеющая два-три витка. С этой катушкой индуктивно связывается катушка контура волномера. При равенстве частот настройки колебательного контура волномера и

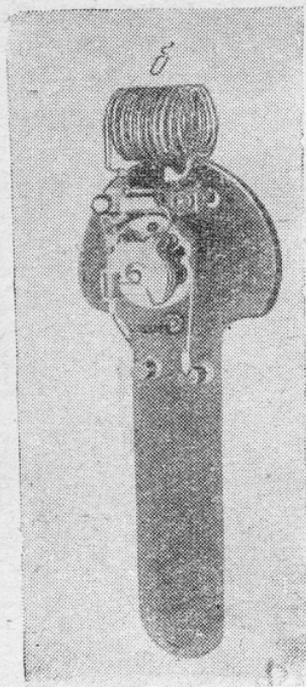
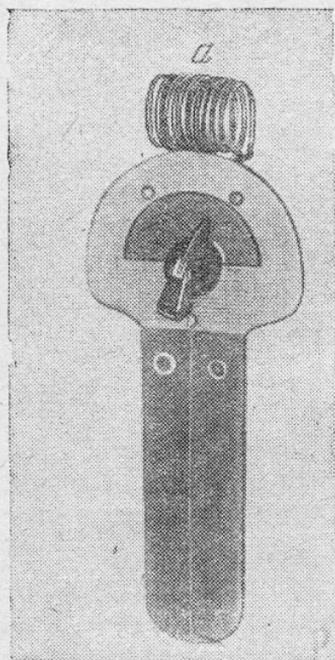


Рис. 86. Универсальный волномер:
а — общий вид; б — вид со стороны монтажа

сигнал-генератора в телефонах будет прослушиваться звуковой тон модуляции. Прокалибровывая таким образом волномер в 8—10 точках, составляют график, по которому каждому положению ручки переменного конденсатора соответствует определенная частота волномера.

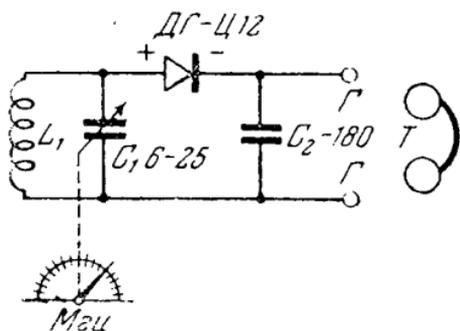


Рис. 87. Схема универсального резонансного волномера

Если описанный резонансный волномер работает на «отсос», то индикатор отключается от гнезда Г—Г. Градуировка волномера при этом не нарушается.

При налаживании передатчика большую помощь может оказать индикатор напряженности поля, представляющий собой простейший приемник с микроамперметром на выходе в качестве индикатора. С помощью такого прибора проверяется направленность действия антенны (диаграмма направленности), а также производятся настройка длины антенного штыря и выбор оптимальной связи антенны с контуром, что обеспечивает наибольшую отдачу в антенну мощности высокочастотных колебаний.

Индикатор напряженности поля должен быть переносным, чтобы его можно было легко устанавливать в различных точках вокруг антенны. Производя с помощью такого прибора относительное измерение мощности, излучаемой передатчиком, нужно следить, чтобы положение индикатора относительно передатчика, а также положение оператора в процессе измерения оставалось постоянным. Увеличение показаний микроамперметра говорит об увеличении мощности излучения электромагнитной энергии передатчика.

Перед началом измерений с помощью индикатора его колебательный контур настраивается на частоту передатчика. Прибор устанавливается на расстоянии 3—5 м от передатчика, чтобы стрелка микроамперметра давала незначительные, но все же заметные показания. Если колебательный контур прибора отградуировать по частоте, то прибор может быть использован как волномер.

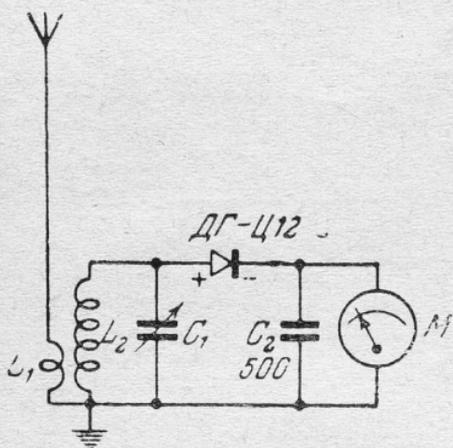


Рис. 88. Схема простейшего индикатора напряженности поля

Монтаж всех деталей производится на алюминиевой пластине размерами 120×150 мм, толщиной в 1,5 мм, которая является передней панелью кожуха прибора. Планка с контактными лепестками, прикрепленная к передней панели винтами, служит в качестве монтажной платы

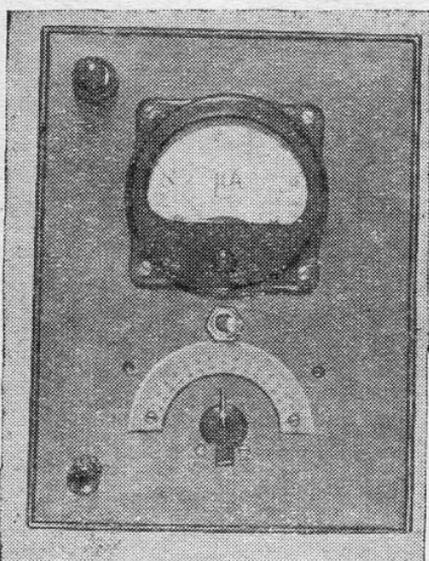


Рис. 89. Индикатор напряженности поля (общий вид)

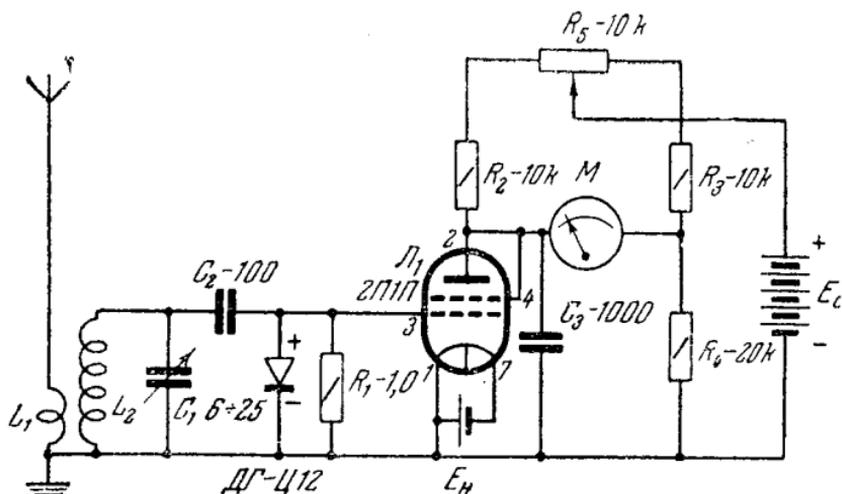
На рис. 88 приведена схема простейшего индикатора напряженности поля, представляющего собой одноконтурный детекторный приемник. Он удобен тем, что для его работы не требуется источников питания. При применении в таком индикаторе микроамперметра M со шкалой 50—100 мкА чувствительность его получается достаточно высокой.

Конструкция такого прибора видна из рис. 89.

Монтаж всех деталей производится на алюминиевой пластине размерами 120×150 мм, толщиной в 1,5 мм, которая является передней панелью кожуха прибора. Планка с контактными лепестками, прикрепленная к передней панели винтами, служит в качестве монтажной платы для катушки колебательного контура L_2 и катушки антенной связи L_1 .

Все соединения делаются медным проводом диаметром 1 мм. Данные колебательного контура L_2C_1 выбираются такими же, как для контура резонансного волномера. Катушка L_1 имеет 2 витка медного провода диаметром 1 мм. Наружный диаметр витка равен 10 мм.

Антенна делается в виде четвертьволнового штыря. Чаще всего применяется укороченная антенна. При работе следует следить, чтобы ориентация антенны совпадала с ориентацией антенны передатчика.



Р и с. 90. Схема однолампового индикатора напряженности поля

На рис. 90 приведена схема более чувствительного индикатора напряженности поля, который представляет собой одноламповый приемник прямого усиления с диодным детектором (ДГ-Ц12). В этом случае в качестве стрелочного прибора может быть использован более грубый прибор, имеющий шкалу 1—3 *ма*.

Глава VIII

ЗАКОНЧЕННЫЕ СИСТЕМЫ РАДИОУПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛЯМИ

В предыдущих главах рассматривались отдельные элементы аппаратуры радиоуправления. На основании этого материала может быть построена законченная система управления, простота или сложность которой зависит от поставленных задач.

В настоящей главе рассматриваются три законченные системы радиоуправления моделями.

Описанную ниже аппаратуру можно монтировать на любой движущейся модели — на модели корабля, самолета, планера, автомобиля, электровоза, паровоза и т. д. В качестве приемо-передающей аппаратуры для всех этих моделей может быть использован без изменения один из трех описанных ниже комплектов. Испол-

нительные механизмы в зависимости от типа модели будут различными.

При разработке и изготовлении аппаратуры радиоуправления нужно придерживаться следующей последовательности:

1. Намечаются команды, которые должны выполняться.

2. Выбирается код, который должен определить каждую из команд.

3. Выбирается декодирующее устройство, которое могло бы различать код и управлять работой исполнительных механизмов.

4. Определяется конструкция кодирующего устройства.

5. Выбираются схема и конструкции передатчика и приемника.

АППАРАТУРА РАДИОУПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛЬЮ АВТОМОБИЛЯ

Чтобы аппаратуру радиоуправления моделью автомобиля сделать как можно проще, число команд должно быть сведено к минимуму. А именно:

- 1) «Включение мотора».
- 2) «Разворот модели вправо».
- 3) «Разворот модели влево».
- 4) «Мотор выключен (стоп)».

Для выполнения вышеперечисленных четырех команд в этом случае наиболее целесообразно использовать широтно-импульсный код.

Команде «Включение мотора» соответствует код, приведенный на рис. 68,а. Передатчик работает в режиме излучения высокочастотных немодулированных импульсов длительностью 0,6 секунды и соответственно такое же время не излучает.

Команде «Разворот модели вправо» соответствует код, приведенный на рис. 68,б, т. е. передатчик излучает импульсы высокочастотной энергии длительностью 0,2 секунды с интервалами между импульсами в 1 секунду.

Команде «Разворот модели влево» соответствует код, приведенный на рис. 68,в.

При подаче команды «Мотор выключен» передатчик не излучает.

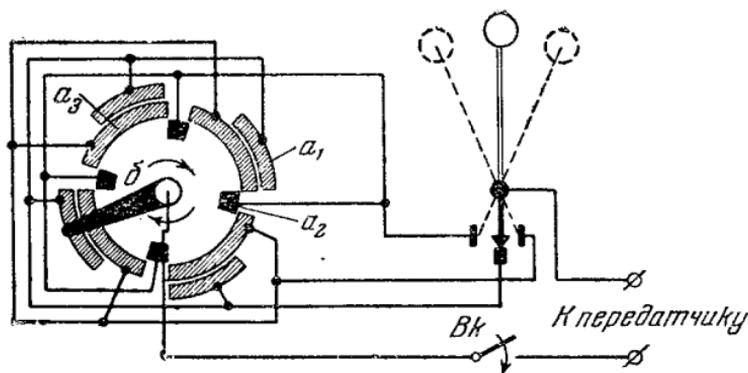


Рис. 91. Схема пульта управления

Для выработки командного сигнала, закодированного широтно-импульсным кодом, необходимо изготовить кодирующее устройство по схеме, приведенной на рис. 91. Кодирующее устройство состоит из контактных колец a_1 , a_2 , a_3 , по которым скользит контактная щетка $б$. Контактная щетка вращается от электромоторчика постоянного тока со скоростью около 12 об/мин. Кроме того, имеется ручка управления, с помощью которой в цепь управления подключается то или другое контактное кольцо.

Когда ручка управления находится в среднем положении, кодирующее устройство формирует код, показанный на рис. 68,а. В этом случае анодная цепь передатчика периодически замыкается через контактную щетку—контактное кольцо a_1 . Если ручка управления отклонена вправо, то подключается контактное кольцо a_2 , обеспечивая формирование широтно-импульсного кода, показанного на рис. 68,б. При этом передатчик излучает импульсы малой длительности продолжительностью в 0,2 секунды. И наоборот, когда ручка управления отклонена влево, то излучаются длинные импульсы, так как цепь управления замыкается через контактное кольцо a_3 .

Если требуется подать команду «Мотор выключен», то анодная цепь передатчика разрывается выключателем $Вк$. При этом передатчик генерировать не будет.

На рис. 92 приведены электрическая и кинематическая схемы аппаратуры управления, установленной на модели автомобиля.

В качестве декодирующего устройства используется цепочка из двух реле, одно из которых имеет задержку при отпускании. Работа похожей схемы декодирования подробно рассмотрена на стр. 88.

Когда принимаются командные импульсы, включается чувствительное реле P_1 , замыкая цепь обмотки реле P_2 , имеющего задержку при отпускании около 2 секунд (R обмотки = 8000 ом, $C_1 = 10$ мкф). При срабатывании чувствительного реле P_1 разрывается цепь обмотки реле P_3 , в результате чего меняется полярность напряжения, подводимого к электромоторчику руля поворота M_2 .

Если импульсы от передатчика имеют длительность, равную интервалам между ними, то реле P_3 равные промежутки времени включено и выключено, заставляя течь ток к электромоторчику M_2 то в одном, то в другом направлении. Электромоторчик при этом вращаться не будет. Если длительность командных импульсов короче интервалов, то реле P_3 большее время замкнуто,

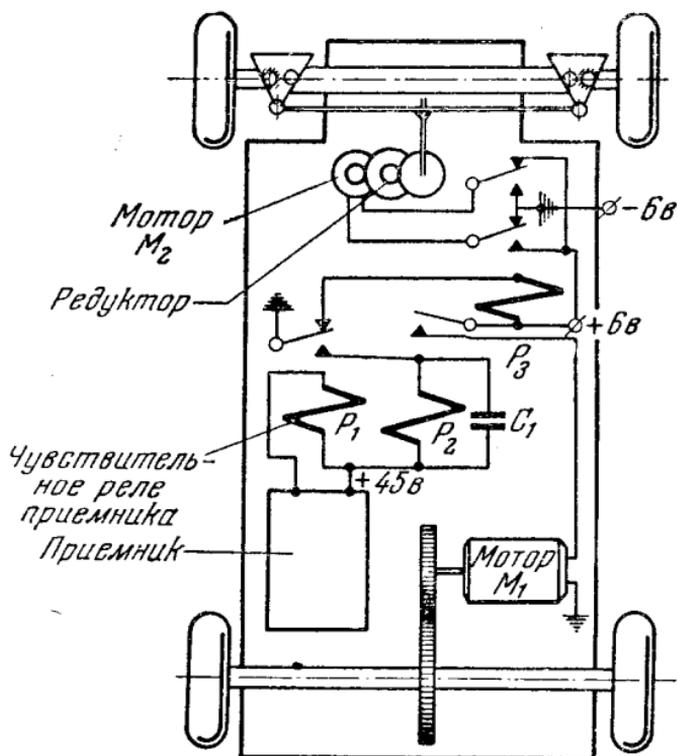


Рис. 92. Электрическая схема модели автомобиля

чем разомкнуто. Электромоторчик M_2 в этом случае вращается в каком-то одном направлении. Если же длительность командных импульсов больше интервалов, то моторчик M_2 меняет направление своего вращения на обратное.

При срабатывании чувствительного реле P_1 срабатывает реле P_2 , замыкая цепь питания электромоторчика M_1 , который через редуктор соединен с задней осью автомобиля. Запаздывание при отпускании для реле P_2 необходимо, чтобы удерживать цепь питания электромоторчика M_1 включенной в интервалах между командными импульсами, как бы велики они ни были. Следовательно, как только передатчик излучает любую из трех возможных импульсных последовательностей, модель автомобиля начинает двигаться.

В качестве реле P_2 может быть использовано поляризованное реле. Реле P_3 берется типа РСМ-2.

ПРИЕМНИК

Приемник собран на двух лампах типа 2П1П. Первая лампа работает в режиме усилителя напряжения по схеме сверхрегенератора, вторая в режиме усилителя тока (см. рис. 33).

Полезный сигнал, наведенный в антенне, через конденсатор C_1 подается на колебательный контур, состоящий из последовательно включенных катушек L_1 и L_2 , разделенных конденсатором C_3 , и конденсатора C_2 , включенного параллельно катушкам. Путем изменения величины емкости конденсатора C_2 имеется возможность настроить колебательный контур на частоту колебаний, генерируемых передатчиком, в диапазоне 38—40 Мгц. Выделенный контуром сигнал подается на сетку лампы L_1 .

Колебания частоты гашения получают на контуре $L_3 C_4$. Катушка обратной связи L_4 генератора гашения одним концом подключается к аноду лампы 2П1П, а другим через разделительную Г-образную ячейку ($R_2 C_6$) к зажиму +45 в. Меняя величину сопротивления R_1 , изменяют отрицательное напряжение на управляющей сетке лампы L_1 , а следовательно, и режим работы лампы по постоянному току. Изменяя режим, можно выбрать наиболее выгодное условие работы лампы, при

котором получается наибольшее усиление сверхрегенеративного каскада по напряжению. Конденсатор C_6 блокирует колебания высокой частоты и частоты гашения на землю.

Усиленный первым каскадом сигнал с сетки лампы L_1 через конденсатор C_7 попадает на сетку лампы L_2 , работающую в режиме усилителя тока и одновременно в режиме сеточного детектора. При отсутствии командного сигнала лампа L_2 открыта, и через нее течет ток в 1,5—2 ма. При поступлении командного сигнала лампа L_2 запирается, обеспечивая перепад анодного тока в цепи чувствительного реле P_1 в 1—1,5 ма. При таком перепаде анодного тока чувствительное реле надежно срабатывает, включая цепь питания реле P_2 . Более подробно работа схемы двухлампового приемника рассмотрена на стр. 49.

Конструкция приемника. Катушки колебательного контура L_1 и L_2 изготавливаются из медной проволоки диаметром 1,0—1,2 мм (желательно посеребренной). Диаметр катушки — 14 мм, шаг намотки — 1,8—2 мм. Катушка L_1 имеет 8 витков, катушка L_2 — 7 витков. Катушки изготавливаются без каркаса. Для придания необходимой жесткости витки катушки промазываются густым эмалитом, что скрепляет их между собой.

В качестве антенного конденсатора C_1 и конденсатора настройки C_2 используются керамические конденсаторы типа КПК-1.

Каркас для намотки катушек L_3 и L_4 вытачивается из эбонита или органического стекла (рис. 93). Намотка катушек L_3 и L_4 производится проводом ПЭЛ 0,07—0,1 «в навал». Катушка L_3 имеет 900 витков, катушка L_4 — 600 витков. В середину каркаса ввертывается сердечник из карбонильного железа, который служит для подбора связи между катушками.

Конденсаторы C_4 , C_5 и C_6 типа КБГ-И-200. Емкость конденсатора C_4 подбирается в процессе налаживания приемника, так как от нее зависит частота гашения.

Сопротивление R_1 берется типа СП-1.

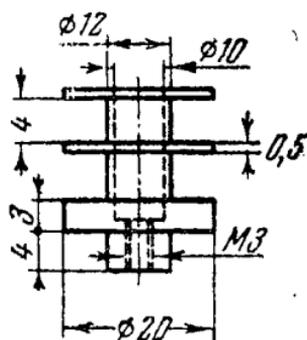


Рис. 93. Каркас катушки контура гашения

В качестве конденсатора связи C_7 между лампами L_1 и L_2 берется керамический конденсатор типа КТК или КДК. Этот конденсатор может быть заменен слюдяным конденсатором типа КСО-2.

Дроссель Dr_1 наматывается на каркасе, в качестве которого используется сопротивление ВС на мощность рассеивания 0,5 вт в 1 Мом. Провод ПЭЛ 0,15—0,2, число витков — 70. Намотка прогрессивная, причем концом с прогрессивной намоткой дроссель присоединяется к сетке лампы L_2 .

Конденсатор C_8 — КБГ-И-200.

В качестве чувствительного реле P_1 используется поляризованное реле типа РП. Конденсатор C_9 — типа КБГ-И-200 — 50 000 пф.

Монтаж приемника производится на пластинке из органического стекла или текстолита толщиной 1,5—2 мм, размером 60×110 мм. Если применяется текстолит, то пластинку необходимо после выполнения в ней всех отверстий проварить в парафине, так как с торца текстолит гигроскопичен.

Общая компоновка деталей на панели несущественна. При компоновке необходимо выполнять общие требования, предъявляемые к монтажу аппаратуры УКВ. Все соединительные провода должны быть как можно короче, а крепление всех деталей желательно осуществлять на ламельках так, чтобы они не вибрировали при работе мотора. Следует обратить внимание на жесткость крепления катушек колебательного контура.

В качестве антенны используется многожильный медный провод диаметром 0,8—1 мм и длиной 30—50 см или штыревая антенна, выполненная из жесткого медного провода диаметром 2,5—3 мм.

Все металлические детали модели соединяются вместе медным проводом и припаиваются к земляному зажиму приемника.

Налаживание приемника следует производить в следующей последовательности.

После того как приемник собран и включен, проверяется напряжение на лампах L_1 и L_2 . Напряжение накала на обеих лампах должно быть 1,4—1,5 в, напряжение на анодах — 43—46 в.

Далее включаются последовательно с первичным реле телефоны и, вращая ручку сопротивления R_1 , до-

бываются суперного шума. Если шум не возникает, то следует поменять местами концы катушки L_4 . Предварительную настройку приемника следует производить при отключенной антенне. Получив надежный суперный шум, телефоны отключаются и вместо них подключается миллиамперметр со шкалой 3—5 *ма*. Изменяя величину связи катушек L_3 и L_4 (изменяя положение карбонильного сердечника), добиваются такой величины обратной связи, при которой при вращении ручки сопротивления R_1 анодный ток лампы L_2 изменяется от 0,5 до 2 *ма*.

Чувствительное реле P_1 регулируется из расчета тока срабатывания в 1 *ма* и тока отпускания 0,5 *ма*. Регулировку реле следует производить по методике, приведенной на стр. 74.

Длина антенны выбирается такой, чтобы ее подключение не ухудшало работу свержегенеративного каскада.

Питание приемника осуществляется: по анодной цепи от одной батареи типа ГБ-СА-45 и по цепи накала ламп от элемента типа НС-СА.

ПЕРЕДАТЧИК

Передачик аппаратуры радиоуправления модели автомобиля может быть построен по рассмотренной схеме (см. рис. 20). Передачик собран по двухтактной схеме на двух лампах типа 2П1П и рассчитан для работы в диапазоне 38—40 *Мгц*.

Конструкция и монтаж передатчика должны быть симметричны относительно обеих ламп. Детали передатчика и лампы монтируются на гетинаксовой плате размером 150×70 *мм*, толщиной 5 *мм*. На плате симметрично относительно центра крепятся две фарфоровые 7-штырковые панельки (рис. 94). В центре между панельками устанавливается монтажная планка на четыре контакта. Планка крепится на двух винтах МЗ высотой 25 *мм* и служит для крепления контурной катушки L_2 и антенной катушки L_1 .

Контурная катушка L_2 изготавливается из голого медного провода (желательно посеребренного) диаметром 1,5 *мм*. Конструктивно катушка L_2 состоит из двух ча-

стей по четыре витка с диаметром витка 22 мм, разнесенных на расстояние 6—8 мм. Концы катушки L_2 припаиваются к крайним контактам монтажной планки.

В центре катушки L_2 (между обеими разнесенными частями) помещается антенная катушка L_1 , изготовленная из того же провода, что и контурная катушка. Антенная катушка имеет один виток с диаметром витка 22 мм, концы ее припаиваются к средним контактам монтажной планки. При монтаже катушек нужно следить, чтобы витки контурной и антенной катушек не соприкасались между собой.

Все прочие детали — конденсаторы C_1 , C_2 и C_3 и сопротивления R_1 и R_2 — монтируются на лепестках ламповых панелек. Конденсаторы C_2 и C_3 типа КТК, C_4 — КСО-2.

Дроссель Dp_1 наматывается проводом ПЭЛ 0,2 на каркасе и имеет 40—50 витков. В качестве каркаса используется сопротивление типа ВС на мощность рассеивания 0,5 Вт величиной не менее 0,5—1 Мом. Дроссель припаивается одним концом жестко к середине контурной катушки, а другим концом к контакту, укрепленному на плате; к которому припаивается провод, идущий от зажима ключа (пульт управления).

Непосредственно рядом с монтажной планкой (в центре платы) устанавливается конденсатор C_1 , в качестве которого может быть применен подстроечный конденсатор типа КПК-1.

Гетинаксовая плата крепится к передней панели передатчика, также изготовленной из гетинакса размером 200×150 мм и толщиной 5 мм. Крепление осуществляется с помощью металлического уголка размером 15×15 мм в середине передней панели.

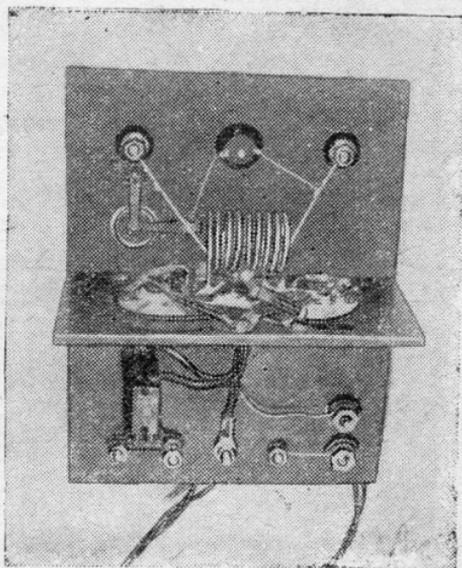


Рис. 94. Монтаж передатчика

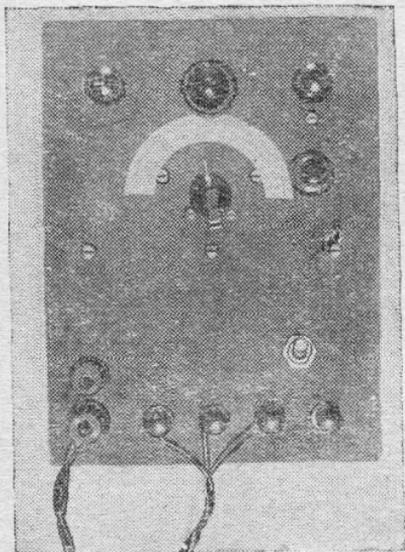


Рис. 95. Передняя панель передатчика

Против оси конденсатора C_1 сверлится отверстие $\varnothing 6$ мм. Кроме того, на передней панели (в верхней половине) сверлится два отверстия диаметром 4,2 мм под винты соединительных зажимов, к которым присоединяются концы антенного провода. С внутренней стороны панели к этим зажимам подводятся провода от концов антенной катушки.

В центре передней панели между антенными зажимами устанавливается сигнальная лампочка (рис. 95), под одним из зажимов — звонковая кнопка. Контак-

ты сигнальной лампочки L_3 через звонковую кнопку жестким проводом подсоединяются к зажиму антенны. При нажатии кнопки по свечению сигнальной лампочки можно судить о работе передатчика.

На ось конденсатора C_1 надевается ручка. Над осью крепится шкала. После настройки передатчика шкалу желательно отградуировать по частоте. Градуировка может быть выполнена по волномеру в местном радиоклубе.

На нижней половине передней панели устанавливаются четыре зажима — «+120 в», «+3 в», «+2,5 в» и «земля» — для подсоединения проводов, идущих от батарей питания. Питание анодных цепей осуществляется от двух последовательно соединенных батарей типа БАС-Г-60. Батареи накала подключаются к клеммам «+3 в» и «земля». При падении напряжения батареи накала последняя подключается на зажим «+2,5 в». Минус во всех случаях подключается к зажиму «земля». Необходимо строго соблюдать полярность подключения батарей. Между зажимами «+3 в» и «+2,5 в» устанавливается гасящее проволочное сопротивление $R_3 = 4$ ом. В цепи накала устанавливается тумблер B_k , осуществляющий включение передатчика.

Кроме того, на передней панели (слева) устанавливаются два зажима для подключения проводов пульта управления *K*.

Кожух передатчика выполняется из алюминия толщиной 1—1,5 мм. Общие размеры передатчика — 200×150×85 мм. К задней стенке кожуха должна быть привинчена скоба для крепления передатчика на шесте при установке его в полевых условиях (см. рис. 15).

Передатчик устанавливается в полевых условиях на деревянном шесте высотой 1,5—2 м. На верхнем конце шеста укрепляются две деревянные оттяжки в форме стрелы. Между концами оттяжек укрепляются два антенных штыря, выполненные из медного провода диаметром 3—4 мм с длиной каждого 1,5 м. Внутренние концы антенных штырей крепятся к фанерной косынке, укрепленной между оттяжками. Кожух передатчика с помощью скобы крепится на крючке шеста возможно ближе к внутренним концам антенных штырей, чтобы получить минимальную длину соединительных проводов от антенны к передатчику.

Шест вбивается в землю, а рядом устанавливают батареи питания.

Налаживание передатчика производится в следующем порядке. Проверяется монтаж. Включаются напряжения питания и измеряют величины напряжений на анодах ламп, а также напряжение накала.

Наличие генерации может быть обнаружено по изменению тока миллиамперметра *M*, включенного в разрыв анодной цепи (см. рис. 20). При замыкании одной из сеток лампы на общий провод («земля») показания миллиамперметра изменяются на 5—8 ма. Чем больше получится изменение анодного тока, тем больше мощность высокочастотных колебаний, генерируемых передатчиком.

Окончательное налаживание передатчика производится с помощью индикатора напряженности поля, помещенного в 3—5 метрах от антенны передатчика.

Величина сопротивлений R_1 и R_2 подбирается по максимальному показанию прибора индикатора напряженности поля, что обеспечивает наивыгоднейший режим работы ламп по постоянному току. Изменяя связь между катушками L_1 и L_2 и изменяя длину штырей антенны, добиваются увеличения показаний индикатора.

Настроив передатчик, производят градуировку по частоте шкалы переменного конденсатора в диапазоне частот 38—40 Мгц.

АППАРАТУРА РАДИОУПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАЮЩИХ МОДЕЛЕЙ

Для начинающего моделиста, желающего заниматься постройкой радиоуправляемой модели самолета или планера, рекомендуется начать с простейшей системы однокомандного управления (рис. 96).

В этой системе управление производится только рулем поворота модели. При отсутствии командного сигнала, посылаемого передатчиком, руль поворота находится в одном из крайних положений, так что модель, делая круги малого радиуса, снижается за счет скольжения на крыло. При длительной передаче командного сигнала руль устанавливается в другое крайнее положение, и модель, снижаясь, делает круги в противоположном направлении. В случае передачи коротких командных сигналов продолжительностью 0,5—1 секунда с интервалами между сигналами, также равными 0,5—1 секунде, руль непрерывно переходит из одного крайнего положения в другое. В этом случае модель, не успевая вследствие своей инерционности реагировать на эти быстро чередующиеся отклонения руля, летит по прямой, набирая высоту.

Изменяя соотношение между продолжительностью командных сигналов и интервалами между ними, можно достигнуть большого разнообразия маневров модели: заставлять модель летать по прямой, делать правый

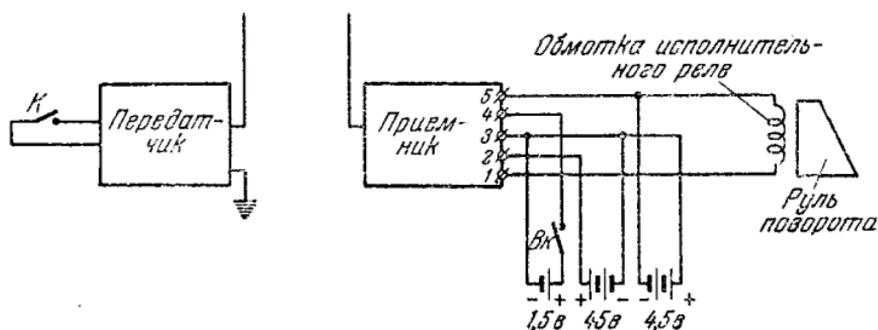


Рис. 96. Блок-схема однокомандной аппаратуры радиоуправления моделью самолета

и левый развороты, круги, восьмерки, снижаться, подниматься и т. д.

Для управления рулем поворота достаточно иметь аппаратуру, состоящую из приемника, построенного по схеме (см. рис. 34), и передатчика, изготовленного по схеме рис. 22 или 23. В качестве передатчика может быть использован передатчик аппаратуры РУМ-1.

Приемник рассчитан для приема модулированного (200—500 гц) командного сигнала, посылаемого передатчиком. Приемник построен по трехламповой схеме, работа которого рассмотрена на стр. 51.

Конструкция приемника

Приемник монтируется на гетинаксовой панели размером 70×120 мм и толщиной 1,5 мм (рис. 97). Лампы и конденсаторы C_1 и C_2 располагаются на одной стороне панели, все остальные детали, включая катушку колебательного контура, на другой стороне (рис. 98). Катушка L_1 выполняется голым медным проводом (желательно посеребренным) диаметром 1—1,2 мм и имеет 15 витков. Диаметр витков катушки 14 мм, шаг намотки — 1,5 мм. Чтобы придать жесткость виткам катушки, она проклеивается густым эмалитом. Для получения минимальной длины соединительных проводов катушка L_1 конструктивно располагается точно под кон-

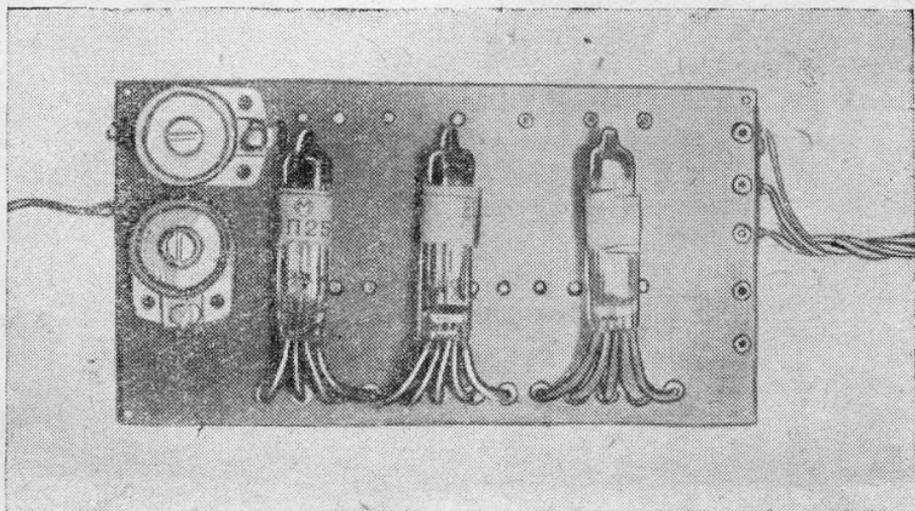
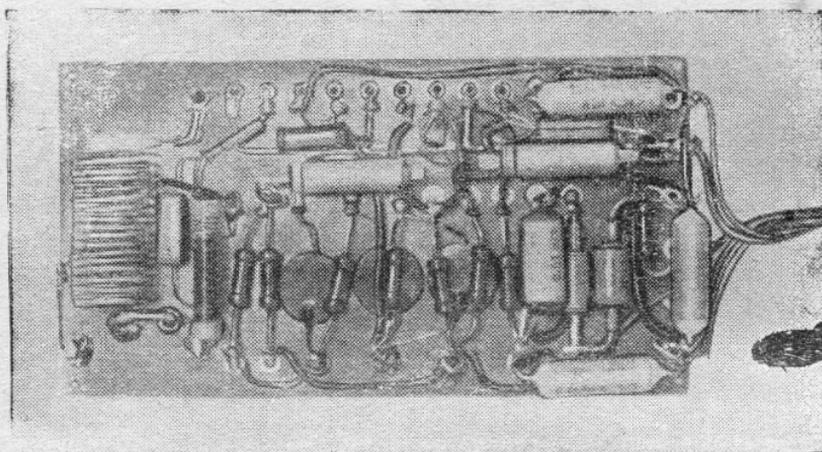


Рис. 97. Приемник одноканальной аппаратуры (вид сверху)



Р и с. 98. Приемник одноканальной аппаратуры (вид снизу)

денсаторами C_1 и C_2 (с обратной стороны панели). В качестве конденсаторов C_1 и C_2 используются керамические конденсаторы типа КПК-1 — 2/7.

Дроссель Dr_1 имеет 50—70 витков провода ПЭЛ-0,15, намотанных прогрессивно на каркасе, в качестве которого используется сопротивление типа ВС на мощность рассеивания 0,5 *вт* величиной 0,5—1 *Мом*.

Все детали, включая катушку L_1 , Dr_1 и полупроводниковые диоды ДГ-Ц4, монтируются на ламельках, крепящихся непосредственно к панели. Такой монтаж предохраняет детали от вибрации при работе мотора. Все соединительные провода в схеме должны быть минимальной длины. Крепление ламп производится путем пайки выводов к монтажным ламелькам.

Антенна приемника припаивается непосредственно к контакту C_1 . В качестве антенны используется кусок гибкого многожильного провода длиной 1—1,5 *м*.

В качестве анодной батареи используется одна батарейка типа ГБ-СА-45 *в*, нить накала ламп питается от накального элемента типа НС-СА.

Методика налаживания

Налаживание приемника в основном сводится к подбору антенной связи, длины антенны и величины сопротивления R_3 (см. рис. 34).

Предварительно приемник налаживается при отклю-

ченной антенне и выпрямляющей ячейке лампы L_3 . Для этого конденсатор C_{12} отпаивается от анода лампы, а точка подключения напряжения смещения (точка 5) закорачивается на общий провод («земля»). В разрыв анодной цепи лампы L_3 вместо обмотки чувствительного реле включаются телефоны. При этом в правильно смонтированном приемнике в них должен прослушиваться громкий суперный шум.

Если суперный шум отсутствует, то неисправность следует искать в монтаже.

После предварительного налаживания следует подключить антенну и подобрать ее длину при среднем положении роторной пластины конденсатора C_1 .

Величина сопротивления R_3 подбирается, чтобы получить в телефонах суперный шум максимальной громкости. Для этого сопротивление R_3 заменяется переменным сопротивлением величиной 220 ком. При малых значениях величины переменного сопротивления (10—50 ком) в телефонах вместо суперного шума прослушивается свист. Последнее говорит о том, что нарушен свержегенеративный режим и прослушивается только частота срыва. При увеличении величины переменного сопротивления свист переходит в суперный шум.

Дальнейшее увеличение сопротивления приводит к срыву генерации колебаний гашения, в результате чего в телефонах не будет прослушиваться ни свиста, ни шума. Замеряется величина выбранного переменного сопротивления, при котором еще прослушивается суперный шум, и оно заменяется постоянным сопротивлением на 10—15 ком ниже замеренной величины. На этом заканчивается налаживание свержегенеративного каскада, собранного на лампе L_1 .

Далее к аноду лампы L_3 подключается конденсатор C_{12} , а к зажиму 5 — отрицательный полюс батареи смещения — 4,5 в. Положительный полюс батареи смещения подключается к проводу «земля». Телефоны выключаются, а взамен их включается обмотка чувствительного реле последовательно с миллиамперметром на 3—5 ма. Миллиамперметр должен показывать ток 0,5 ма. Если анодный ток лампы L_3 значительно больше, то это значит, что напряжение колебаний гашения не достаточно фильтруется ячейкой $R_2 C_6$. Величина сопротивления R_2 увеличивается до тех пор, пока мил-

лиамперметр не будет показывать ток $0,2—0,5$ ма. Стрелка прибора при этом должна несколько колебаться, что говорит о высокой чувствительности приемника.

Увеличение значения емкости антенного конденсатора, а также увеличение длины антенны в некотором роде эквивалентно увеличению сопротивления R_3 . Поэтому, после того как была подобрана величина сопротивления R_3 , дальнейшая регулировка режима работы сверхрегенеративного каскада в некоторых пределах может производиться путем изменения величины емкости конденсатора C_1 .

В налаженном приемнике при приеме командного сигнала анодный ток в обмотке чувствительного реле возрастает до $1,8—2$ ма. При отсутствии командного сигнала передатчик должен излучать немодулированные высокочастотные колебания, так как при этом начальный ток выходного каскада приемника уменьшается со значения $0,5$ ма до $0,2—0,3$ ма, увеличивая тем самым перепад тока в обмотке чувствительного реле.

В качестве чувствительного реле P_1 используется самодельное поляризованное реле.

Приемник укрепляется на мягкой подвеске так, чтобы на его работе не сказывалась вибрация модели при работающем моторе.

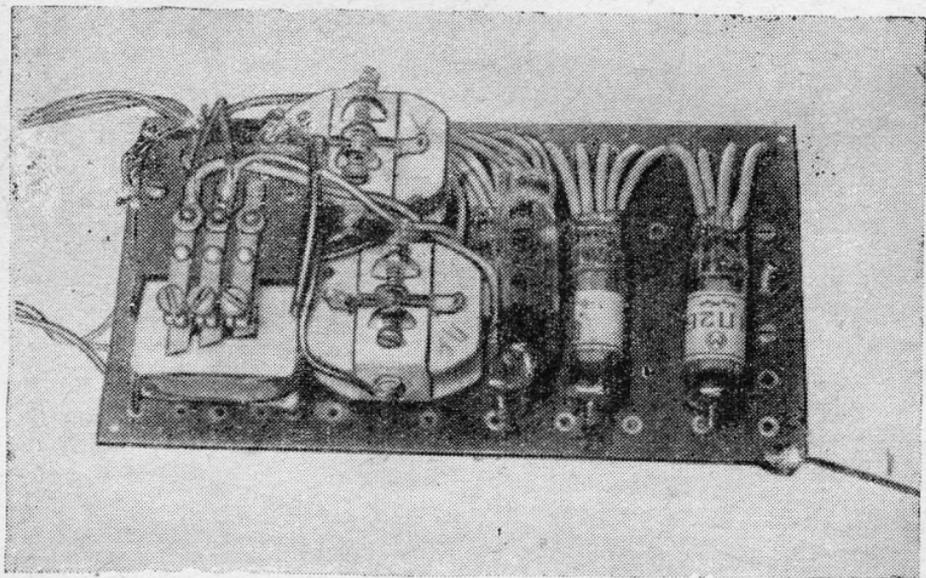


Рис. 99. Приемник двухканальной аппаратуры (вид сверху)

Налаживание передатчика сводится к налаживанию генератора и модулятора. При работе передатчика (см. рис. 23) с одноканальным приемником сопротивления $R_6—R_{12}$ заменяются одним сопротивлением утечки $R = 150$ ком, а пульт управления — простым ключом.

Аппаратура работает в диапазоне 38—40 Мгц.

При желании иметь двухканальное управление моделью самолета приемник собирается по схеме рис. 35. Методика налаживания сверхрегенеративного каскада аналогична приведенной на стр. 122. Усилительные каскады (лампа L_2 и L_3) могут быть налажены по методике, приведенной на стр. 135.

Конструкция двухканального приемника аналогична конструкции одноканального приемника. На рис. 99 приведен вид на панель двухканального приемника. В этом приемнике для увеличения надежности работы резонансного реле в выходном каскаде включены две лампы типа 1П2Б в параллель.

МНОГОКАНАЛЬНАЯ АППАРАТУРА РАДИОУПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛЯМИ РУМ-1

Комплект аппаратуры РУМ-1 предназначен для управления по радио моделями самолетов, кораблей, автомобилей и других устройств.

Аппаратура РУМ-1 разработана в Центральной авиамодельной лаборатории ДОСААФ СССР и изготавливается нашей промышленностью.

В комплект аппаратуры входят следующие элементы:

1. Трехламповый передатчик с антенной и источниками питания.
2. Выносной пульт управления, позволяющий оператору подавать ту или иную команду.
3. Трехламповый приемник с одним резонансным реле и шестью поляризованными реле (рис. 100).
4. Исполнительные механизмы (три комплекта).

Аппаратура РУМ-1 позволяет выполнять шесть последовательных команд в любой последовательности. Радиус действия аппаратуры для наземных и надводных моделей 400—600 м, для летающих — порядка 1500 м.

В приемнике предусмотрена возможность перестройки по частоте от 27,8 до 29,7 Мгц с помощью одного

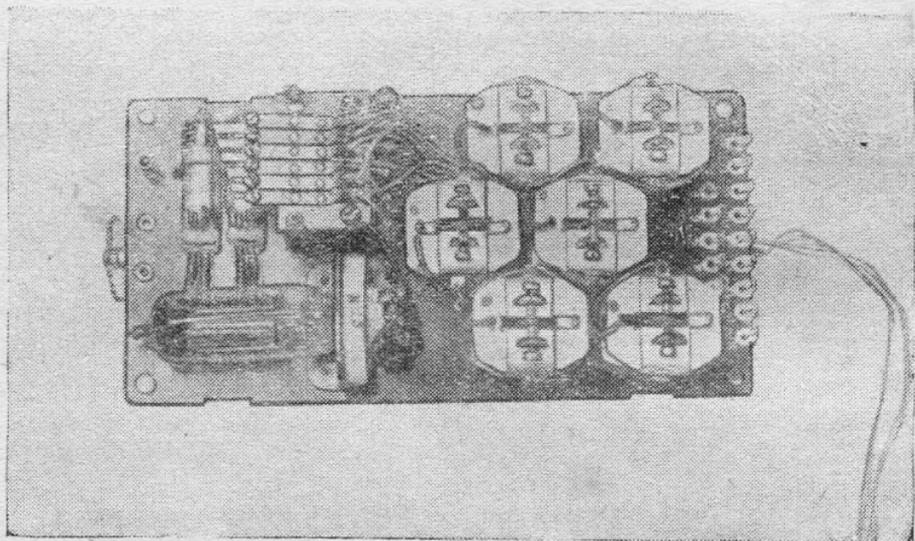


Рис. 100. Приемник РУМ-1

органа настройки. Чувствительность приемника не менее 4 мкв. Вес приемника не более 400 г, вес рулевой машинки (исполнительного механизма) не более 100 г.

Передатчик питается от двух батарей типа БАС-Г-60 и двух накальных элементов типа ЗС-Л-30, а приемник—по анодной цепи от одной батареи типа ГБ-СА-45 и по цепи накала ламп от элемента типа НС-СА, используемого для слуховых аппаратов. Питание исполнительных механизмов осуществляется от батарей для карманного фонаря типа КБС-0,5.

Передатчик и пульт управления

Передатчик включает в себя высокочастотный генератор, собранный по двухтактной схеме на лампах L_1 и L_2 , и модулятор, собранный на лампе L_3 . Принципиальная схема передатчика и пульта управления приведена на рис. 101.

Каждой из шести подаваемых команд соответствует определенная частота модулирующего напряжения (200—325 гц). Частота модулятора изменяется путем подключения к трансформатору Tr_1 одной из цепочек сопротивлений $R_7—R_{18}$. Модулирующее напряжение снимается с анодного контура лампы L_3 и через цепочку C_5 , R_4 и R_3 подается на управляющие сетки генера-

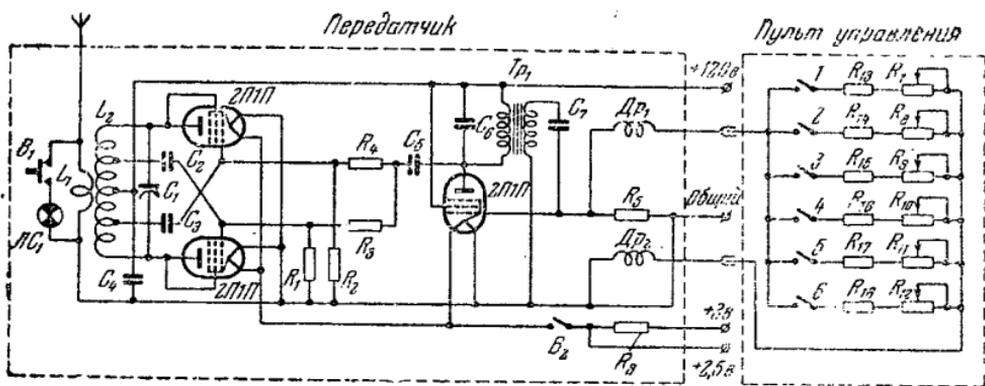


Рис 101. Схема передатчика РУМ-1

торных ламп L_1 и L_2 . Таким образом, амплитуда высокочастотного командного сигнала изменяется по закону, соответствующему одной из шести частот напряжения модулятора.

Антенна передатчика оформлена в виде шести составных алюминиевых трубок общей длиной 2,3 м. Для индикации передатчика служит лампочка $ЛС_1$, подключаемая кнопкой B_1 параллельно катушке связи L_1 .

Приемник и рулевые машинки

Приемник командных сигналов управления моделью собран на двух миниатюрных лампах типа 1П2Б (L_4 , L_5) и на пальчиковой лампе типа 2П1П (L_6). Принципиальная схема приемника приведена на рис. 102.

Первый каскад приемника собран по сверхрегенеративной схеме на лампе L_4 . Его функцией является усиление высокочастотного командного сигнала, выделение из него напряжения низкой частоты (частоты модуляции) с последующим усилением. Дальнейшее усиление напряжения низкой частоты осуществляется каскадом, собранным по обычной реостатной схеме на лампе L_5 . Усиленное этим каскадом напряжение низкой частоты поступает на усилитель мощности L_6 , анодной нагрузкой которого является обмотка резонансного реле P_0 . Якорь резонансного реле имеет шесть язычков с различными резонансными частотами собственных механических колебаний.

При подаче с пульта управления выбранной команды начинает вибрировать один из шести язычков.

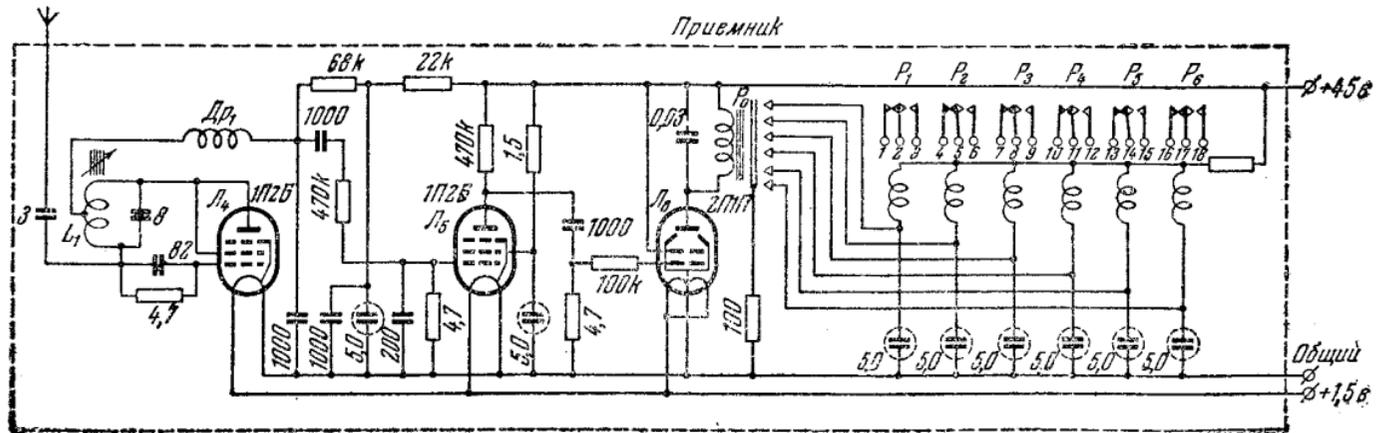


Рис. 102. Схема приемника РУМ-1

Вибрируя, этот язычок периодически замыкает цепь питания поляризованного реле $P_1—P_6$. При срабатывании поляризованного реле включается один из трех электромоторчиков блока исполнительных механизмов.

Исполнительные механизмы оформлены в виде отдельных блочков. Жестко укрепленный электромоторчик механизма через зубчатый редуктор связан с валом, имеющим винтовую нарезку. По валу перемещается ползун механизма (рис. 103).

Все исполнительные механизмы снабжены концевыми выключателями, которые предназначены для размыкания цепей питания при достижении ползунком механизма крайнего положения. Кроме того, имеется специальное устройство (контакты с кулачками), позволяющее осуществлять самоцентрирование ползунка, т. е. автоматический возврат ползунка механизма после

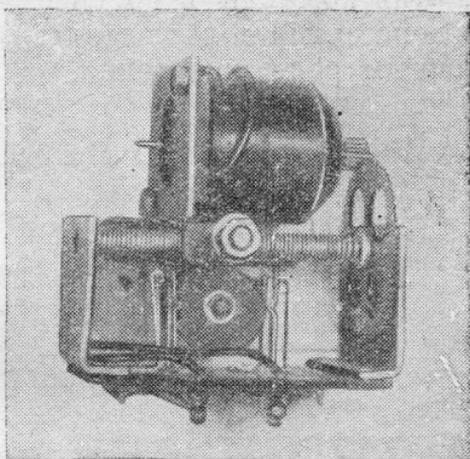


Рис. 103. Рулевая машинка

Исполнительные механизмы

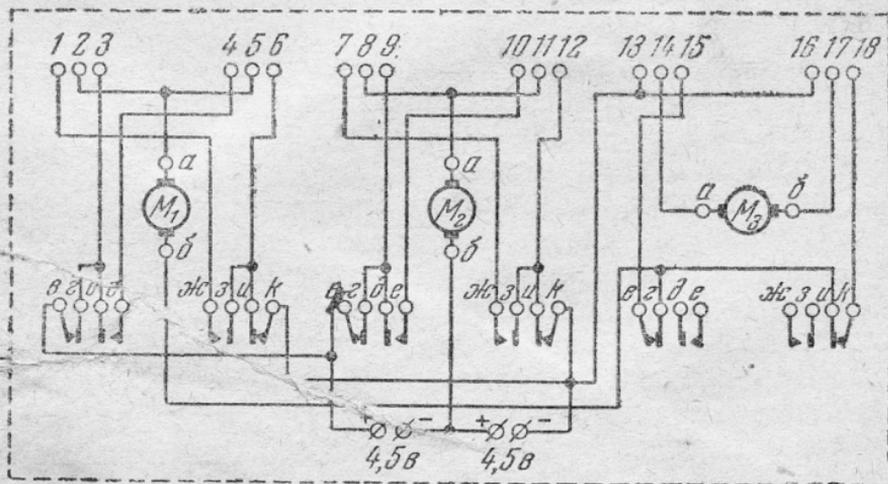


Рис. 104. Схема включения рулевых машинок

снятия команды в среднее положение. На рис. 104 приведена схема подключения рулевых машинок к промежуточным реле приемника.

Глава IX

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРИОДОВ В ПРИЕМНОЙ АППАРАТУРЕ РАДИОУПРАВЛЯЕМЫХ МОДЕЛЕЙ

Применение полупроводниковых триодов в аппаратуре радиоуправления моделями раскрывает широкие перспективы, потому что такие триоды обладают рядом преимуществ перед электронными лампами.

К этим преимуществам в первую очередь следует отнести отсутствие нити накала, что значительно сокращает расход энергии на питание аппаратуры. Небольшое напряжение источников питания (в $10\div 100$ раз меньше по сравнению с анодным напряжением электронных ламп) и в большинстве случаев в несколько раз меньшие токи позволяют применять малогабаритные малоемкостные батареи.

Полупроводниковые триоды не требуют для своей работы вакуума и стеклянного баллона, что значительно повышает их прочность. Отсутствие механических креплений их электродов предотвращает микрофонный эффект и дает возможность работать аппаратуре при большой тряске.

Значительно меньшие по сравнению с электронными лампами размеры полупроводниковых триодов, а также малая потребляемая мощность позволяют сделать вес и габариты аппаратуры.

К недостаткам большинства типов триодов относятся их ограниченный частотный предел действия колебаний, что не дает использовать эти триоды в сверхрегенеративных приемниках частот $28\text{—}29\text{ Мгц}$, работающих в режимах передающей

Низкие входные сопротивления полупроводниковых триодов в сочетании с высокими выходными сопротивлениями согласующих элементов в выходных цепях являются недостатками полупроводниковых триодов в качестве усилителей сигнала.

Полупроводниковый триод является значительным преимуществом перед электронными лампами.

чительная зависимость параметров от температуры и режима работы, большой разброс параметров от образца к образцу, а также опасность перегрузки по напряжению питания.

Конструирование аппаратуры радиоуправления на полупроводниковых триодах, учитывая вышеперечисленные недостатки, требует от моделиста большего внимания и технических знаний, чем при постройке аппаратуры на электронных лампах. Поэтому к изготовлению аппаратуры на полупроводниковых триодах рекомендуется приступать только после того, как будет накоплен опыт в постройке и налаживании аппаратуры радиоуправления на электронных лампах.

В приемной аппаратуре радиоуправляемых моделей широкое применение находит сверхрегенеративный приемник, который в зависимости от требуемой чувствительности и типа кодирования содержит от одной до трех ламп. За последнее время наибольшее распространение получил трехламповый приемник (см. рис. 34).

Применение полупроводниковых триодов в приемной аппаратуре радиоуправляемых моделей дает возможность в трехламповом приемнике заменить последние две лампы полупроводниковыми триодами, а также при желании избавиться от чувствительного и промежуточных реле.

На рис. 105 дана схема сверхрегенеративного приемника с применением полупроводниковых триодов. Первый каскад собран по сверхрегенеративной схеме на лампе 1П2Б. Его задача сводится к усилению высокочастотного сигнала, принимаемого антенной, дальнейшее усиление напряжения низкой частоты осуществляется каскадом, собранным на полупроводниковом триоде $ПП_2$ по схеме с заземленным эмиттером. Усиленное этим каскадом напряжение поступает на усилитель постоянного тока, собранный на триоде $ПП_3$, анодной нагрузкой которого служит обмотка чувствительного реле P_1 . Напряжение низкой частоты, снимаемое с каскада $ПП_2$, перед тем как поступить на усилитель постоянного тока $ПП_3$, выпрямляется, для чего служит полупроводниковый детектор $ПП_5$. Каскад, собранный на триоде $ПП_1$, служит для согласования сверхрегенеративного каскада L_1 , имеющего высокоомное выходное сопротивление с усилителем

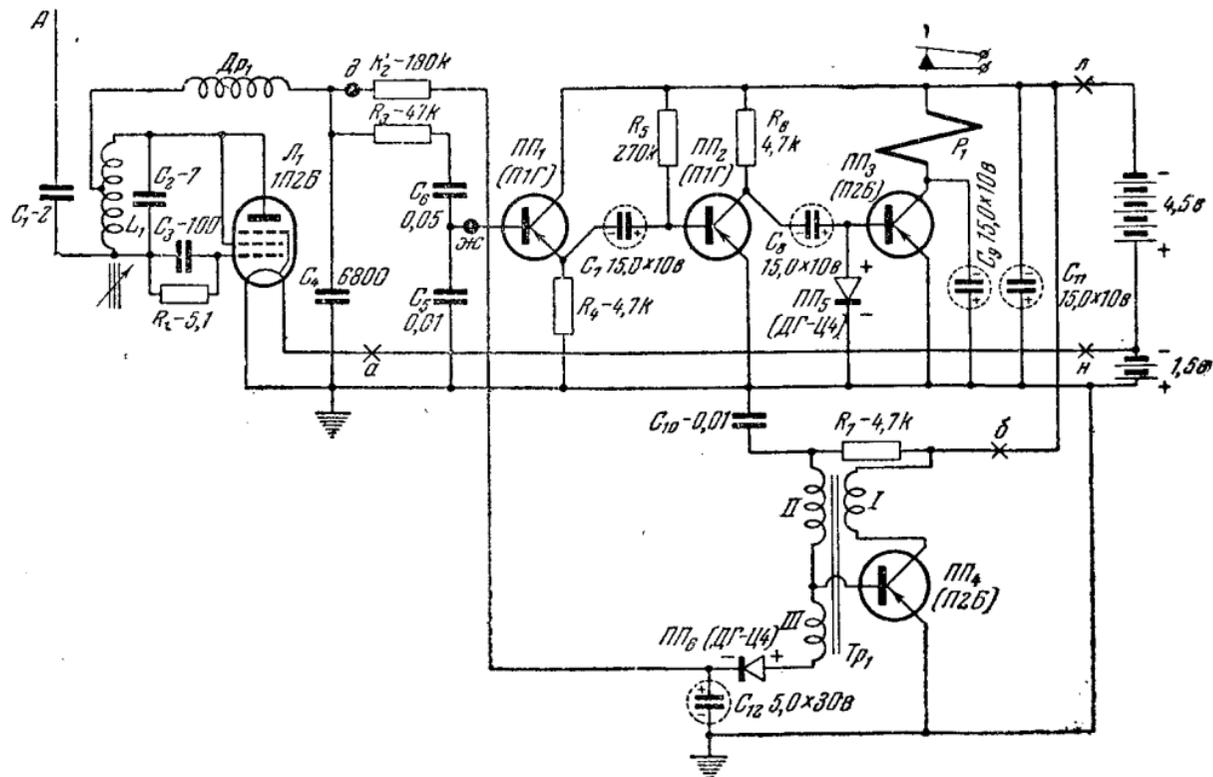


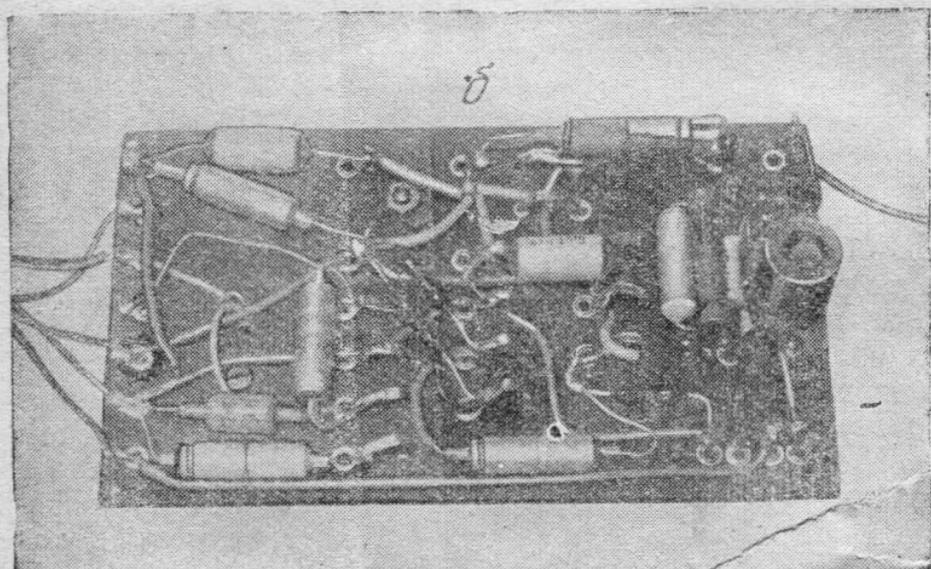
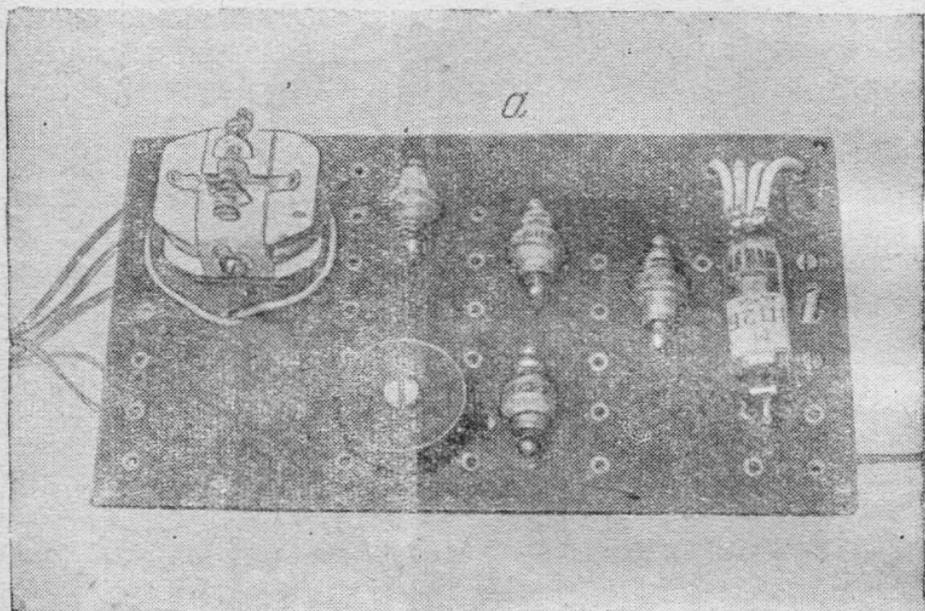
Рис. 105. Схема сверхрегенеративного приемника на полупроводниковых триодах

НЧ $ПП_2$. Согласующий каскад $ПП_1$ можно заменить трансформатором, что, однако, значительно усложнит изготовление приемника, а выигрыш по питанию получится незначительным.

Поскольку приемник питается от одной карманной батареи (4,5 в) и одного элемента (1,5 в), то для питания первой лампы по высокому напряжению (23—27 в) поставлен преобразователь напряжения с 6 в до 25—30 в. Преобразователь собран на полупроводниковом триоде $ПП_4$ по схеме блокинг-генератора (импульсного генератора на трансформаторе). Импульсное напряжение (35—40 в), снимаемое с обмоток II и III блокинг-генератора, выпрямляется полупроводниковым диодом $ПП_6$, фильтруется емкостью C_{12} и подается для питания анода лампы L_1 .

Приемник монтируется на гетинаксовой панели размерами 70×120 мм и толщиной 1,5—2 мм. Детали, лампа и триоды размещаются по обеим сторонам панели (рис. 106). С верхней стороны панели (рис. 106,а) расположены лампа L_1 , полупроводниковые триоды, реле P_1 и трансформатор Tr_1 . На нижней стороне панели (рис. 106,б) расположены все остальные детали, включая катушку входного контура L_1 , которая имеет 17 витков провода ПЭЛ 0,5, с отводом от середины. Сердечник катушки из карбонильного железа служит для перестройки контура в заданном диапазоне частоты, для чего он снабжен осью с ручкой для настройки. Дроссель Dr_1 имеет 50—70 витков провода ПЭЛ 0,15, намотанных прогрессивно на каркасе, в качестве которого используется сопротивление ВС на мощность рассеивания 0,5 вт величиной 0,5—1 Мом. В качестве чувствительного реле P_1 может быть использовано любое реле с сопротивлением обмотки 1000—4000 ом и с током срабатывания от 1 до 1,5 ма. В предлагаемой схеме в качестве чувствительного реле используется поляризованное реле, описанное на стр. 72, которое регулируется на ток срабатывания в 1 ма при сопротивлении обмотки 4000 ом.

Крепление триодов, применяемое в данной конструкции, видно из рис. 106. При монтаже триодов нужно иметь в виду, что базовый (средний) вывод должен присоединяться первым. Не рекомендуется располагать триоды вблизи нагревающихся элементов приемника.



Р и с. 106. Общий вид приемника на полупроводниковых триодах *а*
и монтаж приемника на полупроводниковых триодах *б*

Пайку и изгиб выводов нужно стараться делать как можно дальше от корпуса триода (не менее 15 мм). Паять припоем следует с температурой не выше 150° С.

Наиболее трудной деталью при изготовлении приемника является трансформатор Tr_1 . Намотка трансформатора производится на тороидальном сердечнике, который изготавливается в следующем порядке: на каркас диаметром 12 мм наматывается пермаллоевая лента сечением $5 \times 0,05$ мм до внешнего диаметра 20 мм. Затем каркас вынимается и полученный тороид обматывается лакотканью. Обмотка I имеет 80 витков ПЭШО-0,2 и наматывается в один слой по окружности тороида. Обмотки II—III имеют по 80 витков такого же провода с выводом от средней точки и намотаны в два слоя по окружности тороида.

После того как приемник смонтирован, можно приступить к его налаживанию, которое рекомендуется вести по каскадно. Первоначально производится налаживание усилительных каскадов по схеме рис. 107, для чего отпаивается накальный провод лампы L_1 (точка а) (см. рис. 105) и провод питания блокинг-генератора (точка б).

При правильной работе усилителя, при подаче на вход последнего переменного напряжения в 10 мв с частотой 200—300 гц, выходной прибор M должен показывать 3 ма при сопротивлении нагрузки 1000 ом или 1,5 ма при сопротивлении нагрузки 4000 ом. При отсутствии напряжения на входе усилителя прибор M должен показывать в обоих случаях 0-50 мка. Следовательно, нормальный рабочий перепад тока выходного каскада равен приблизительно 3 ма в первом случае и 1,5 ма во втором. При недостаточном перепаде тока выходного каскада следует подобрать величину сопротивления R_5 . Если изменение величины сопротивления R_5 на $\pm 50\%$ от номинала не влияет на перепад тока выходного каскада, то причина — в неисправности одного из полупроводниковых триодов. Для нахождения неисправного триода нужно проверить коэффициенты передачи каскадов на $ПП_1$ и $ПП_2$. Для этого подключается поочередно в точки в и г милливольтметр (типа ЛВ-9) или катодный осциллограф (см. рис. 107). В точке в, при подаче на вход 10 мв, частотой 200—300 гц, напряжение должно быть 9—9,5 мв, а в точке г — 0,25—0,3 в.

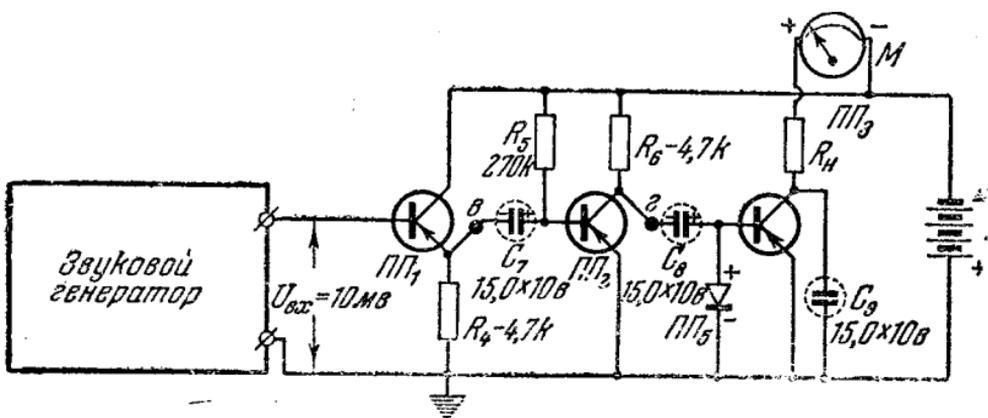


Рис. 107. Схема налаживания усилительных каскадов

После налаживания усилителя вновь припаивается провод питания блокинг-генератора (точка б) и производится его налаживание. В случае правильной работы в точке д (при замере высокоомным вольтметром) напряжение по отношению к шасси должно быть 25—30 в. Если напряжение недостаточно, то следует уменьшить величину сопротивления R_7 и наоборот. В случае отсутствия напряжения следует поменять местами концы обмотки I трансформатора Tr_1 . Если после перемены концов напряжение все же отсутствует, то следует заменить триод ПП₄.

Налаживание сверхрегенеративного каскада производится при подсоединенном проводе накала (точка а). При этом нить накала лампы должна светиться, а постоянное напряжение, измеряемое высокоомным вольтметром в точке д, должно быть 23—27 в. При правильной работе каскада, при отсутствии входного сигнала напряжение в точке ж должно быть порядка 0,4—0,5 в (напряжение шумов). Если это напряжение в результате чего показание выходного тока больше 0,5 ма, то следует увеличить сопротивление R_2 до тех пор, пока показания будут равны 0,4—0,5 ма. Отсутствие сигнала на прибору М говорит о срыве сверхрегенеративного каскада, при этом следует уменьшить сопротивление R_2 .

Окончательные значения параметров каскада следующие:

— Потреб.

питания 1,5 в равен

6. *ма*, по цепи 4,5 *в* — 10 *ма* (без учета потребления исполнительным механизмом).

— Чувствительность приемника 5—20 *мкв*.

— Перепад тока выходного каскада равен: при сопротивлении обмотки реле P_1 в 1000 *ом* — 2,5 *ма*, при сопротивлении в 4000 *ом* — 1,3 *ма*.

— Рабочий диапазон по частоте 27—30 *Мгц*.

Приемник рассчитан для работы с передатчиком типа РУМ-1 или с самодельным передатчиком, описанным на стр. 32, имеющим выходную мощность около 1 *вт* высокочастотных колебаний, модулированных по амплитуде частотой 200—400 *гц*.

Подача команды на приемное устройство осуществляется путем включения модуляции с частотой 200—400 *гц*. При снятии команды передатчик должен излучать немодулированные высокочастотные колебания.

При желании в приемнике, схема которого приведена на рис. 105, можно избавиться от накального элемента, что сделает приемную аппаратуру более компактной и легкой. В этом случае вместо лампы 1П2Б (L_1) включается лампа 1П3Б, имеющая значительно меньший ток накала (27 *ма*), что делает целесообразным питать нить накала от батареи в 4,5 *в*; для этого провод накала лампы, идущий к — 1,5 *в*, отсоединяется от батареи (точка *Н*) и через сопротивление в 120 *ом* соединяется с выводом — 4,5 *в* (точка *Л*). Вывод +4,5 *в* соединяется с проводом, идущим к — C_{12} . При таком питании усиление приемника несколько уменьшается.

Величина сопротивления R_7 должна быть уменьшена

2 *ком* с тем, чтобы преобразователь напряжения по-прежнему 25—30 *в*. Так как крутизна лампы 1П3Б 25 *ма/в* несколько меньше крутизны лампы 1П2Б, то величина сопротивления R_2 должна быть 100 *ком*.

Точка с одной батареей производится с целью экономии, что и для приемника, см. рис. 105.

Окраска элементов приемника с питающей сетью:

— Потребление тока при 4,5 *в* равен 40 *ма* (без учета исполнительным механизмом).

— Чувствительность приемника — 5—20 мкв.

— Перепад тока выходного каскада: при сопротивлении обмотки реле P_1 в 1000 ом — 2,2 ма, при сопротивлении в 4000 ом — 1,0 ма.

— Рабочий диапазон по частоте 27—30 Мгц.

Применение полупроводниковых триодов в аппаратуре радиоуправления моделями дает возможность не только снизить вес и повысить экономичность приемника по питанию, но и поднять надежность аппаратуры в целом. Последнее стало возможным при удалении из приемной аппаратуры (см. рис. 105) чувствительного реле P_1 и замене его электронным реле, собранным на силовом полупроводниковом триоде типа ПЗБ.

На рис. 108 дана схема сверхрегенеративного приемника на полупроводниковых триодах с электронным реле $ПП_4$. Каскад на $ПП_3$ из режима усилителя мощности переведен в режим эмиттерного повторителя, этим достигнуто согласование высокоомного выхода усилителя напряжения $ПП_2$ с низкоомным входом электронного реле $ПП_4$. Что касается конструктивных данных основных деталей и их расположения на панели приемника, то они остаются такими же, как и для схемы рис. 105. Триод $ПП_4$ крепится винтами к панели на месте чувствительного реле P_1 (рис. 109).

Налаживание приемника с электронным реле рекомендуется производить в той же последовательности, как и для предыдущих схем.

Налаживание усилительных каскадов ($ПП_1—ПП_4$) производится по схеме, аналогичной рис. 107. В случае правильной работы усилителя, при подаче на его вход переменного напряжения в 10 мв с частотой 200—300 гц в электронном реле будет течь ток в 70—90 ма при сопротивлении обмотки исполнительного механизма в 30 ом и 60—70 ма при сопротивлении в 60 ом. Когда отсутствует напряжение на входе усилителя $ПП_1$, выходной ток электронного реле в обоих случаях будет 0,5—2 ма. При недостаточном перепаде тока следует подобрать величину сопротивления R_5 . Если изменение величины сопротивления R_5 на $\pm 50\%$ от номинала не повысит перепада, то неисправность следует искать по методике, приведенной для схемы рис. 107.

Налаживание блокинг-генератора и сверхрегенеративного каскада аналогично налаживанию схемы рис. 105.

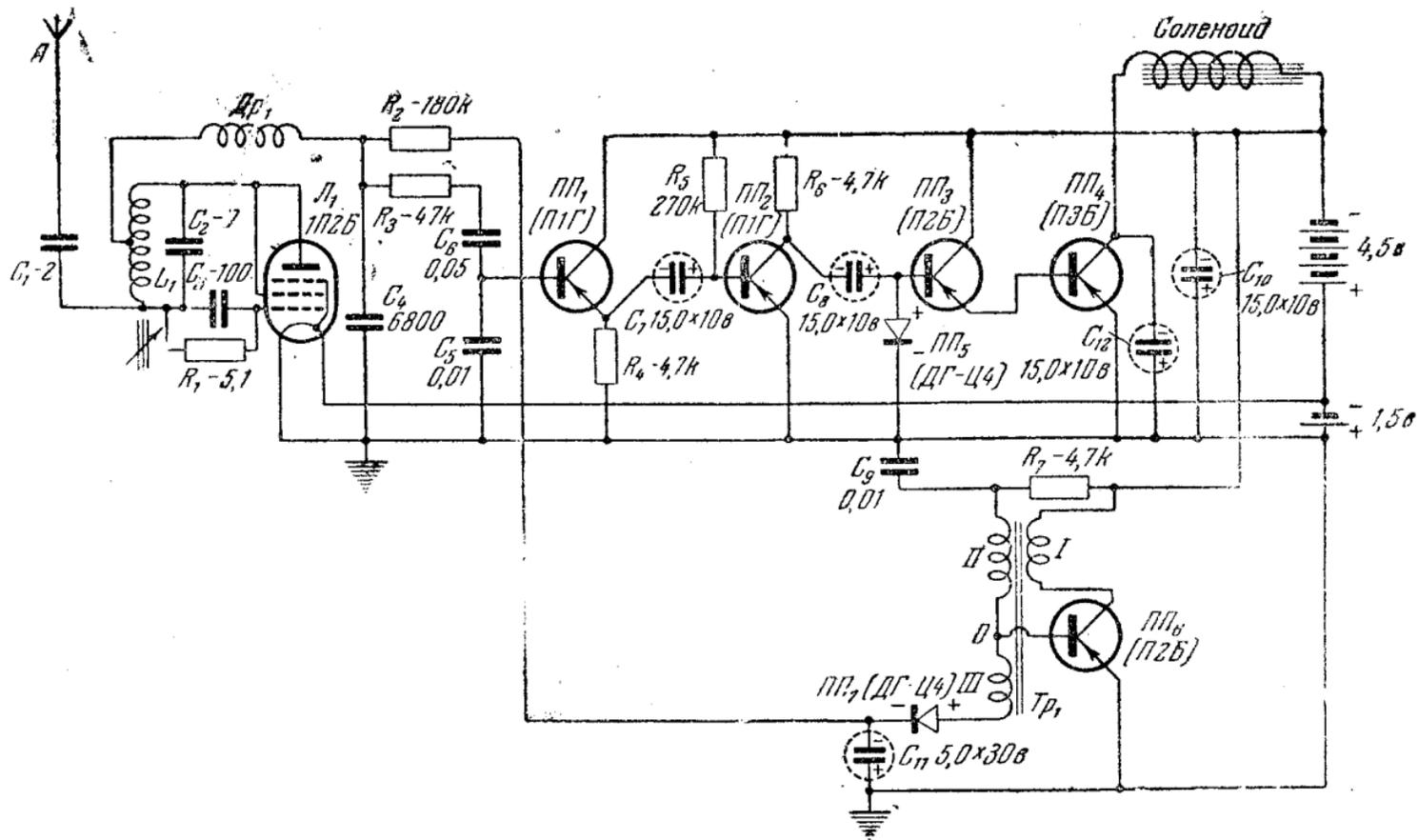


Рис. 108. Схема приемника на полупроводниковых триодах с электронным реле

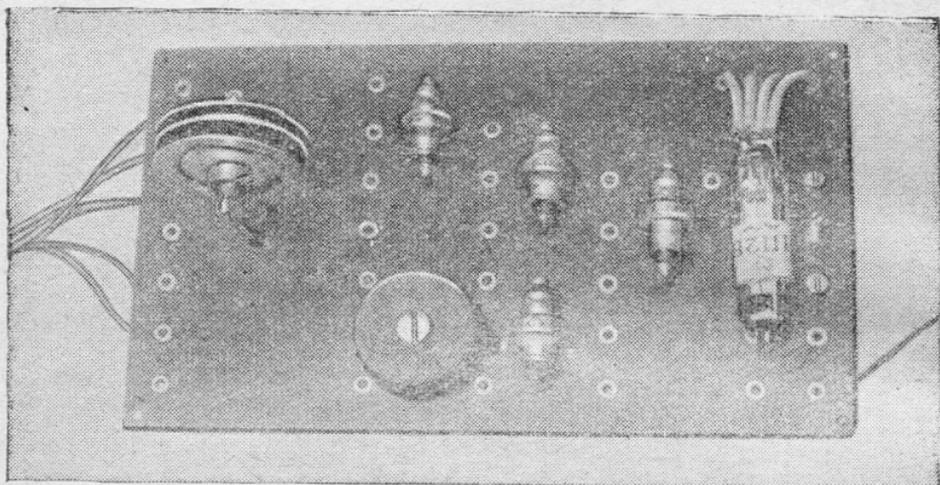


Рис. 109. Приемник на полупроводниковых триодах с электронным реле

После того как приемник налажен, выходной ток в электронном реле (при выключенном передатчике) должен быть — 15 *ма*, при приеме сигнала от передатчика без модуляции — 10 *ма*, с модуляцией — 70—90 *ма* (при сопротивлении обмотки исполнительного механизма 30 *ом*).

Если ток при выключенном передатчике значительно больше, то следует увеличивать величину сопротивления R_2 , уменьшив тем самым напряжение частоты срыва сверхрегенеративного каскада на входе усилительной схемы.

Приемник (см. рис. 108) имеет следующие электрические параметры:

— Потребляемый ток по цепи питания 1,5 *в*: при отсутствии команды равен 80 *ма*, при наличии команды от передатчика — 150 *ма*. По цепи питания 4,5 *в*: при отсутствии команды равен 20 *ма*, при наличии команды — 100 *ма*.

— Чувствительность приемника 5—20 *мкв*.

— Перепад тока в электронном реле: при сопротивлении обмотки исполнительного механизма 30 *ом* равен 60—80 *ма*, при сопротивлении 60 *ом* — 50—60 *ма*.

— Рабочий диапазон по частоте 27—30 *Мгц*.

Приемник с электронным реле рассчитан для работы с передатчиком типа РУМ-1.

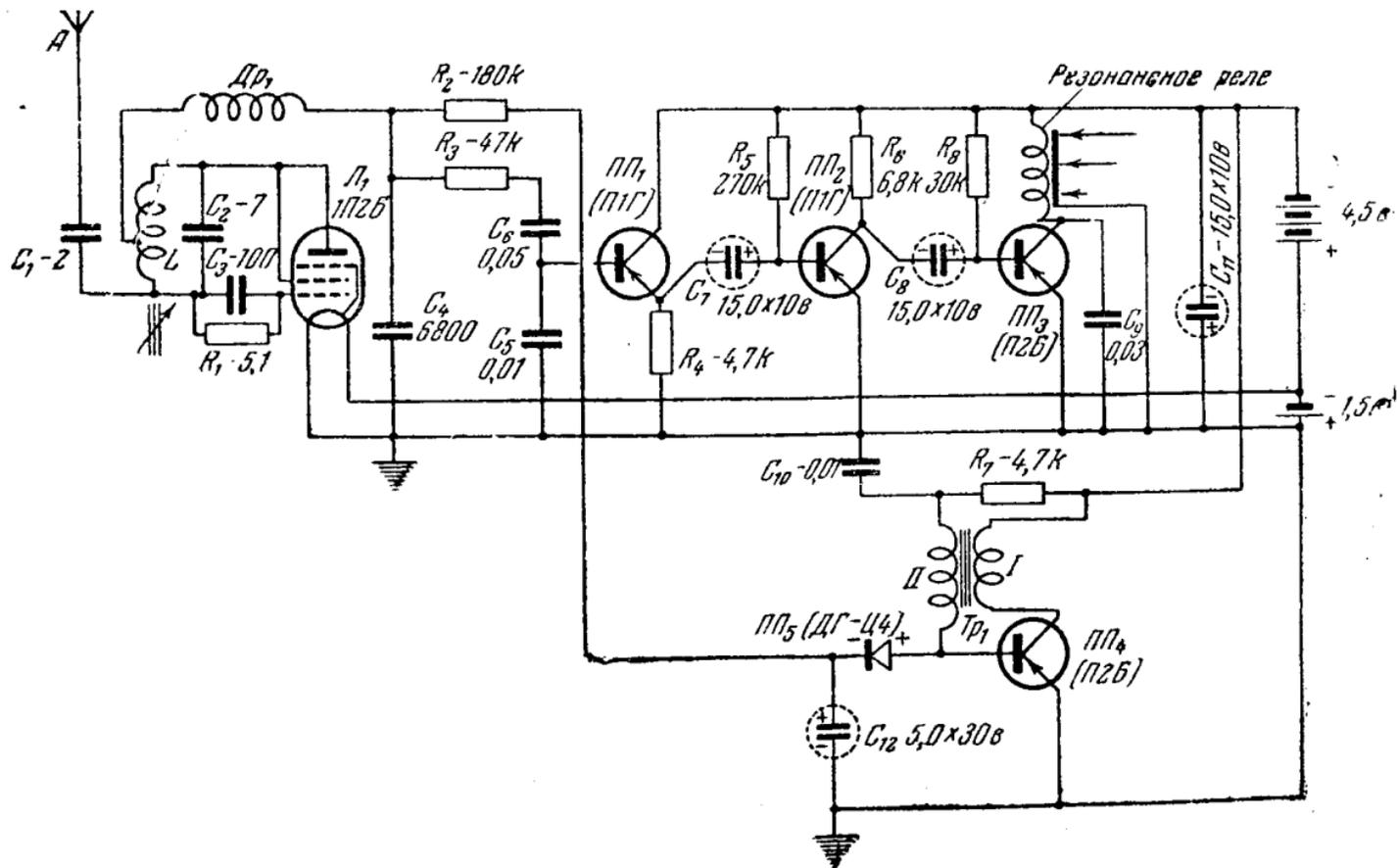


Рис. 110. Схема приемника на полупроводниковых триодах с резонансным реле

Лампа 1П2Б в схеме рис. 108 может быть заменена лампой 1ПЗБ, и приемник может быть переведен на питание от одной батареи (см. рис. 105). При этом перепад тока в электронном реле уменьшится на 20%.

На рис. 110 приведена схема приемника на полупроводниковых триодах с резонансным реле.

Катушку резонансного реле (стр. 96) следует намотать проводом ПЭЛ 0,12—0,15 (до заполнения). Приемник, собранный на схеме рис. 110, надежно работает при напряжении питания 4,5 в, а в качестве выходного триода ПП₃ в этом случае ставится полупроводниковый триод типа П2Б.

Особенно большие возможности раскрываются при использовании полупроводниковых триодов в схемах электронных реле. Так, например, в схеме многокомандной аппаратуры поляризованное промежуточное реле может быть заменено на реле типа РСМ (рис. 111). При вибрации соответствующего язычка на базу триода П2Б через фильтр R_1C_2 подается отрицательное напряжение величиной в 1 в. При этом в цепи коллектора полупроводникового триода течет ток 20 ма, что вполне достаточно для надежного срабатывания реле типа РСМ. Необходимое для работы схемы отрицательное напряжение берется от источника накала, для чего на общий провод подключается положительный полюс на-

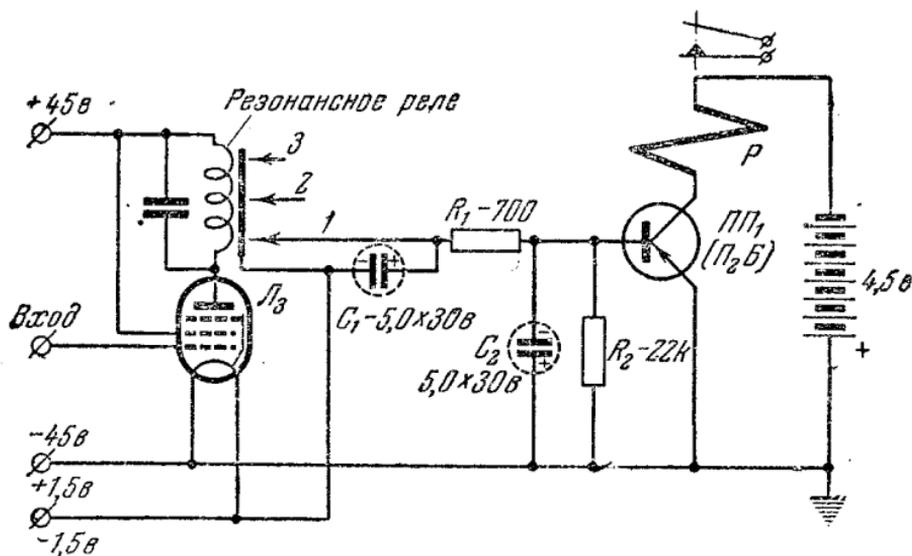


Рис. 111. Схема электронного реле на полупроводниковом триоде типа П2

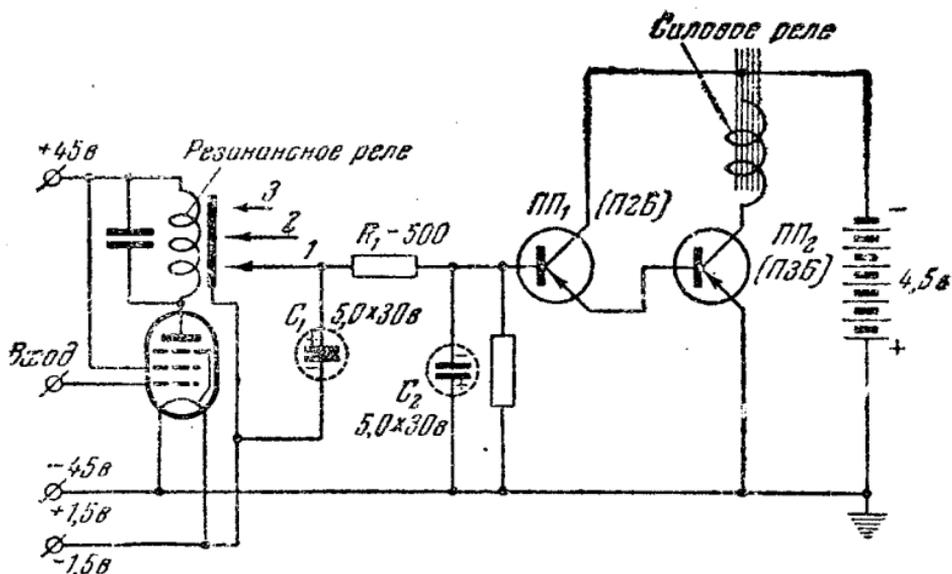


Рис. 112. Схема электронного реле на полупроводниковом триоде типа ПЗ

кальной батареи, а не отрицательный, как это делалось в ламповых приемниках.

Использование в схемах электронных реле мощных полупроводниковых триодов типа ПЗ дает возможность полностью освободиться от каких-либо электромагнитных реле и включать обмотку катушки исполнительного механизма непосредственно в коллекторную цепь мощного триода. На рис. 112 приведена схема электронного реле, рассчитанного на питание обмотки соленоида. При сопротивлении обмотки соленоида, равной 30 ом, протекающий по ней ток равен 100—120 ма. При этом ток в цепи соответствующего язычка равен 0,6—0,8 ма, что полностью исключает обгорание его контактов.

Простота рассмотренной в этой главе аппаратуры, ее экономичность по питанию и высокая надежность в работе дают возможность надеяться, что в самое ближайшее время полупроводниковые триоды заменят в аппаратуре радиоуправляемых моделей как электронные лампы в приеме-передающих устройствах, так и электромагнитное реле в схемах исполнительных механизмов.

Литература

Жеребцов И. П. Техника метровых волн. Изд. ДОСААФ, 1955.

Логинов В. Н. Радиотелеуправление. Госэнергоиздат, 1950.

Бруинсма А. Х. Радиоуправление моделями кораблей. Госэнергоиздат, 1957.

Зарубежные приборы автоматического управления моделями в полете. Изд. ДОСААФ, 1956.

Клементьев С. Д. Самодельные электродвигатели малой мощности. Учпедгиз, 1956.

Клементьев С. Д. Радиоуправление моделями кораблей. Изд. ДОСААРМ, 1950.

Федотов А. Я. Кристаллические триоды. Госэнергоиздат, 1955.

Яковлев В. В. Любительские приемники на полупроводниковых триодах. Госэнергоиздат, 1957.

Васьков Р. Ф., Чеботарев А. И. Слуховые аппараты и их применение. Медгиз, 1956.

21271

Д1

5838

Экземпляр
чит. зала

2 р. 30 к.

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ДОСААФ
Москва
1959